

Über die Wirkung von Äthylenoxyd auf  
Eimeria tenella, Eier und Larven von  
Oesophagostomum dentatum bzw. longicaudum,  
Eier von Ascaris lumbricoides var. suis und  
Larven von Trichinella spiralis

Jürgen Schott

1966



Aus dem Institut für Zoonosenforschung  
Frankfurt am Main  
Direktor: Professor Dr. G.Schoop

---

Über die Wirkung von Äthylenoxyd  
auf Eimeria tenella, Eier und Larven  
von Oesophagostomum dentatum bzw. longicaudum,  
Eier von Ascaris lumbricoides var. suis  
und Larven von Trichinella spiralis

Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung des Doktorgrades  
der gesamten Medizin  
der hohen medizinischen Fakultät  
der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität  
zu Frankfurt am Main

vorgelegt von  
Jürgen Schott  
aus Berlin  
Frankfurt am Main 1966



Dekan: Prof. Dr. W. Rotter  
Referent: Prof. Dr. G. Schoop  
Coreferent: Priv.Doiz. Dr. E. Böhle

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Juli 1966

## I n h a l t s ü b e r s i c h t

|                                                                                           | <u>Seite</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <u>A) Einleitung</u>                                                                      | 2            |
| <u>B) Schrifttum</u>                                                                      | 3            |
| I. Testobjekte                                                                            | 4            |
| 1. Eimeria tenella                                                                        | 5            |
| 2. Oesophagostomum dentatum bzw. longicaudum                                              | 6            |
| 3. Ascaris lumbricoides var. suis                                                         | 7            |
| 4. Trichinella spiralis                                                                   | 9            |
| II. Das Äthylenoxydgas                                                                    | 11           |
| 1. Geschichte des ÄO                                                                      | 11           |
| 2. Chemisch-physikalische Eigenschaften des ÄO                                            | 13           |
| 3. Toxizität des ÄO                                                                       | 14           |
| 4. Methoden der ÄO-Begasung und die Formen der<br>praktischen Anwendung                   | 16           |
| 5. Einfluß von Feuchtigkeit, Zeit, Temperatur und<br>Konzentration auf die ÄO-Begasung    | 20           |
| 6. Vor- und Nachteile der ÄO-Begasung im Vergleich<br>mit anderen Sterilisationsverfahren | 26           |
| <u>C) Eigene Versuche mit T-Gas</u>                                                       | 30           |
| Zur Technik der eigenen Versuche                                                          | 30           |
| Versuche mit                                                                              |              |
| 1. Eimeria tenella                                                                        | 32           |
| 2. Oesophagostomum dentatum bzw. longicaudum                                              | 35           |
| 3. Ascaris lumbricoides var. suis                                                         | 37           |
| 4. Trichinella spiralis                                                                   | 54           |
| <u>D) Besprechung der Ergebnisse</u>                                                      | 68           |
| <u>E) Zusammenfassung</u>                                                                 | 70           |
| <u>F) Literaturverzeichnis</u>                                                            | 74           |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## A) EINLEITUNG

Seit Bekanntwerden der keimtötenden Wirkung von Äthylenoxyd-gas im Jahre 1929 sind zahlreiche Versuche an Bakterien, Pilzen und Viren unternommen worden, diesen Effekt zu überprüfen.

Mir wurde im Rahmen dieser Untersuchung die Aufgabe gestellt, die Wirkung von Äthylenoxydgas auf die Eier bzw. Larvenformen einiger Parasitenarten zu studieren. Das Produkt ist im Handel und führt die Bezeichnung T-Gas, es setzt sich aus 90% Äthylenoxyd und 10%  $\text{CO}_2$  zusammen. Seit einigen Jahren wird es zur Schädlingsbekämpfung und zur Sterilisation von Nahrungsmitteln sowie von Gegenständen und Instrumenten des medizinischen Gebrauchs verwendet.

## B) S C H R I F T T U M

Soweit mir bekannt ist, sind bisher Arbeiten über Versuche mit Äthylenoxydgas an tierischen Parasiten noch nicht veröffentlicht worden.

Über Versuche mit Begasung generell auf parasitärem Gebiet berichteten Enigk und Eckert (6). Als Testobjekt für die Untersuchungen dienten die Eier von *Ascaris lumbricoide s v a r. s u i s*. Die Autoren stellten fest, daß gasförmige Desinfektionsmittel besser zur Erdbodendesinfektion geeignet sind als nichtflüchtige, wasserlösliche Verbindungen. Eine zu hohe Flüchtigkeit der Mittel ist jedoch nicht vorteilhaft, da dann die Gase zu schnell entweichen und die nötige Einwirkungsdauer und Konzentration nicht erreicht werden. Die Verfasser erzielten eine sichere Vernichtung der sehr resistenten Ascarideneier chemisch durch gasförmige Desinfektionsmittel, physikalisch durch hohe Temperaturen (über 80°Celsius) und UV-Strahlen. Die gasförmigen Desinfektionsmittel wirken nur dann zuverlässig, wenn die behandelte Fläche Erdboden abgedeckt wird (durch eine gasundurchlässige Plane, z.B. von Ölpapier, Polyvinylchlorid oder anderen Kunststoffen). Als wirksame Gase erwiesen sich bisher Methylbromid, Dibromäthan, Shell D-D (1,3-Dichlorpropan und 1,2-Dichlorpropan), VPM Merck (Na-N-Methyldithiocarbamat), Trapex (Methylthiocyanat), Nemagon (1,2-Dibrom-3-Chlorpropan) und Na-pentachlorphenolat. Die Versuche wurden unter praktischen Verhältnissen mit dem Ziel der Geländedesinfektion vorgenommen.

## I. Testobjekte

### Zur Wahl der Testobjekte

Die bisherigen Möglichkeiten zur Vernichtung von Oocysten, Eiern und Larven tierischer Parasiten, besonders der Helmintheneier, sind sehr unbefriedigend. Die Ansteckungsform ist das embryonier- te Ei von *A s c a r i d e n* , *T r i c h u r i d e n* oder die Sporozyste von *C o c c i d i e n* , die mit der Nahrung aufgenom- men werden. Die infektiösfähige Entwicklungsform bei der Mehrzahl der Helminthen ist die Larve.

Die Larven von *Ankylostomum* sp. (Hakenwürmer) und von *Stron- gyloides* sp. sind weniger resistent als die Eier der Spul- und Peitschenwürmer. Die Resistenz der Helmintheneier beruht vor allem auf der Undurchlässigkeit der Wachs- und Lipoidschichten der Vitellinmembran für lipoidunlösliche Substanzen.

Nach Enigk und Eckert (6) sind Ascarideneier und Coccidien- oocysten besonders resistent. Sie werden oft als Testobjekt für die Prüfung von Desinfektionsmitteln verwendet. Präparate, die sich bei diesen als wirksam erweisen, vernichten auch die ande- ren Parasiteneier und -larven.

### 1. Eimeria tenella

Die Art *Eimeria tenella* gehört zu den Sporozoa.

*Eimeria tenella* ist der Erreger der Blinddarm-coccidiose (rote Kükenruhr oder Darmseuche) beim Haushuhn.

Die Invasion erfolgt durch perorale Aufnahme von sporulierten Oocysten mit infiziertem Futter. Die Oocysten sind plump-oval mit einem Durchmesser von  $19,6 - 26 \times 16 - 22 \mu$ .

Die sporulierte Oocyste gibt durch Einwirkung der Verdauungssäfte Sporozoiten frei, die in die Epithelzellen der Blinddarmschleimhaut eindringen. Dort beginnt die Schizogonie. Aus den reifen Schizonten entstehen durch Teilung die Merozoiten, die sich nach Öffnung der Membran in neuen Epithelzellen ansiedeln. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrmals, bis sich in den Darmzellen geschlechtliche Mikro- (männlich) und Makrogameten (weiblich) bilden. Die befruchteten Makrogameten bilden Hüllen und werden als Oocysten ausgeschieden. Die innere Schicht dieser Hüllen wird von Lipoid gebildet. In der Außenwelt reifen die Oocysten durch Sporulation : Sporogonie, es entstehen 4 Sporoblasten, die je 2 Sporozoiten bilden. Nach 48 Stunden Sporulationszeit sind die Oocysten infektiösfähig und werden nunmehr Sporozysten genannt. Die Entwicklung erfolgt unter günstigen Bedingungen wie Wärme, Feuchtigkeit und Luftsauerstoff. Die Präpatenzperiode beträgt 4 - 7 Tage.

2. Oesophagostomum dentatum bzw.  
longicaudum

Die Würmer der Arten *Oesophagostomum dentatum* bzw. *longicaudum* sind beim Schwein zu finden; weitere Species kommen bei anderen Haustieren, Mensch und Affen vor. Das Männchen ist 8 - 10 mm lang und 0,2 - 0,3 mm dick. Das Weibchen ist 10 - 14 mm lang und 0,4 - 0,5 mm dick. Es soll am Tag etwa 5000 Eier ablegen. Die Eier sind elliptisch mit einem Durchmesser von 70 - 74 x 40 - 42  $\mu$ .

Träger von Knötchenwürmern scheiden Eier mit mehreren (8 - 16) Blastomeren mit dem Kot aus. Unter günstigen Umweltbedingungen geht die embryonale Entwicklung innerhalb von 24 Stunden vor sich. Nach peroraler Invasion von Drittlarven schlüpfen diese im Duodenum aus ihrer Schutzhülle und dringen in die Schleimhaut des Dickdarms, seltener Dünndarms, ein: histotrope Phase. Hier rollt sich die Larve ein und häutet sich ein drittes Mal. Am 6. Tag nach der Invasion erfolgt die Rückwanderung ins Darmlumen, wo sich die letzte Häutung vollzieht. Nach etwa 7 Wochen tritt die Geschlechtsreife (Kotlán (16)) ein.

### 3. Ascaris lumbricoides var. suis

Der Schweinespulwurm gehört zur Familie der *Ascaridae*. Das Männchen wird 14 - 25 cm lang und 3 - 4 mm dick, das äußerst fruchtbare Weibchen 20 - 40 cm lang und 5 - 6 mm dick, es soll täglich etwa 200 000 Eier ablegen. Die rundlichen, manchmal leicht ellipsoiden Eier erreichen eine Größe von um 75 x 60  $\mu$ . Sie werden von drei Hauptschutzhüllen umgeben: 1. nach außen (uterinal) von einer buckelförmig vorspringenden Proteinschicht, 2. von einer Chitinschicht und 3. von einer Lipoidschicht.

Der Spulwurm lebt häufig im Dünndarm des Schweines. Ob er mit dem menschlichen Spulwurm *Ascaris lumbricoides* identisch ist, ist nicht sicher entschieden. Die Infestation erfolgt durch Nahrungsaufnahme von Eiern mit kontaminiertem Rohgemüse von Feldern bei Jauchedüngung und Verwertung frischer Abwässer. Eine Autoinfektion ist unmöglich, da die in den Faeces abgehenden Eier mindestens 14 Tage, unter ungünstigen Bedingungen weitaus länger, im Freien gelegen haben müssen, bis sich der Embryo entwickelt hat.

Die *Ascariasis* (Ascaridose) ist weltweit verbreitet; etwa ein Viertel aller Menschen, besonders Kinder, sind befallen, wenn auch bei uns die Verbreitung nur gering ist.

Der mit geschlechtsreifen Spulwürmern befallene Wirt scheidet sehr widerstandsfähige, unsegmentierte Eier im Stuhle aus, deren embryonale Entwicklungsdauer etwa 2 - 6 Wochen beträgt und von den Außenweltfaktoren wie Feuchtigkeit, Sauerstoffgehalt und Temperatur abhängig ist. Feuchte Wärme beschleunigt die Invasionsreife. Die Larve macht mehrere Häutungen durch, davon eine im Ei. Als zweite Larve nach Verdauung der Eihülle durch den Magensaft im Duodenum des Endwirtes schlüpft sie im Wirt. Von hier aus gelangt sie in einer etwa zweiwöchigen Passage über Blut- und Lymphbahn, Leber, rechte Herzhälfte, Lungen, Trachea in den Pharynx und von dort in den Dünndarm, in dem sie sich schließlich beim spezifischen Wirt ansiedelt. Die Geschlechtsreife ist nach zwei Monaten erreicht.

Die noch ungefurchten Eier besitzen nach Enigk (5) eine große Resistenz gegen chemische Einflüsse. Hohe Temperaturen töten die

Eier rasch ab; in feuchter Hitze gehen Ascarideneier bei + 70° C in 1 - 2 Sekunden zugrunde, bei + 50° C in 3 - 5 Minuten und in trockener Hitze bei + 60° C in 50 Minuten.

Länger andauernde vollkommene Trockenheit tötet die Eier ebenfalls. Larvenhaltige Eier im Boden bleiben viele Monate invasionsfähig, wenn sie von einer dünnen Erdschicht bedeckt sind. Die meisten gewöhnlichen Desinfektionsmittel sind für Spulwurmeier unschädlich mit Ausnahme von Phenollösung, Natriumhypochlorosum und dem bei gewöhnlicher Temperatur in Gas übergehenden Schwefelkohlenstoff, Chlorpikrin und Methylbromid.

#### 4. Trichinella spiralis

Die *Trichinella spiralis* gehört zur Familie der *Trichinellidae* und ist vivipar. Ihre Verbreitung ist weltweit. Sie hat ein ausgedehntes Wirtsspektrum unter den Mamalia und ist hauptsächlich bei Mensch, Suiden, Carnivoren und Rodentien zu finden. Sie wird durch Verzehr von Muskulatur verbreitet. Die Invasionslarve ist im Gegensatz zu den Geschlechtstieren bis zu mindestens 30 Jahren (beim Menschen) lebensfähig. Beim Schwein soll sie bis zu etwa 11 Jahren ansteckungsfähig (Sielauff (35)) sein.

Der Schutz der menschlichen Gesundheit vor der Trichinose geschieht durch die gesetzliche Fleischbeschau.

Das Abtöten der Trichinelle wird durch Erhitzen auf mindestens  $+ 60^{\circ} \text{C}$  erreicht. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt stirbt der Parasit, ab  $- 30^{\circ} \text{C}$  fast momentan.

In verschiedenen Gegenden gibt es unterschiedliche Hauptträger, so in West-Deutschland Fuchs und Dachs (Schoop (31)), von denen das Schwein infiziert wird. Die Übertragung erfolgt insbesondere durch das Verfüttern von Fuchs- und Dachskernen in rohem Zustand.

Die Trichinelle macht bei jedem Wirt zwei Entwicklungsstufen durch.

Mit der Aufnahme trichinöser Muskulatur gelangen die abgekapselten Trichinellenlarven in den Wirtsorganismus. Durch Einwirkung der Magensäure werden die "Muskeltrichinen" von ihren Kapseln befreit und bohren sich in die Dünndarmschleimhaut ein. In  $1 \frac{1}{2}$  bis 3 Tagen wachsen sie nach vermutlich drei- bis viermaliger Häutung zu geschlechtsreifen Tieren heran ("Darmtrichinen"). Das Männchen wird 1,4 - 2,2 mm lang und 0,04 mm dick, das Weibchen 3 - 4,8 mm lang und 0,06 mm dick. Wenige Tage nach der Begattung beginnt das Weibchen mit der Gebärtätigkeit und bringt im Laufe von rund 3 Wochen 500 - 2000 etwa 0,1 mm große lebende Larven zur Welt. Die neugeborenen Larven gelangen auf dem Lymph- und Blutweg in den großen Kreislauf und weiter in alle Teile des Organismus ("Wandertrichinen"), siedeln sich jedoch nur in der

quergestreiften Muskulatur an ("Muskeltrichinen"). Ab 17. - 21. Tag nach der Aufnahme von eingekapselten Larven sind die frisch entwickelten Muskeltrichinen ansteckungsfähig. Nach Beendigung des Wachstums rollen sie sich spiralig ein und werden von einer Kapsel umgeben (Ruhe- oder Latenzstadium). Die Kapsel besteht aus zwei Teilen. Der innere Teil wird aus basophilem, aus Sarkoplasma stammendem Detritus gebildet, der infolge der Lebensprozesse der Muskeltrichine zustande kommt. Der äußere bindegewebige Kapselteil entsteht durch Reaktion des Wirtsorganismus.

In nicht adäquaten Wirten, z.B. Geflügel, sterben die Larven bald ab; die Kapsel wird regressiv verändert.

## II. Das Äthylenoxydgas

### 1. Geschichte des Äthylenoxyds

Im Jahre 1859 wurde zum ersten Male von Wurtz über Äthylenoxyd berichtet.

Die bakterizide Wirkung des Äthylenoxydgases ist seit 1929 bekannt (sterilisierende Eigenschaft).

Schrader und Bossert (32) berichteten 1936, daß durch Äthylenoxyd verschiedene Keime abgetötet werden. Gross und Dixon (11) veröffentlichten 1937 eine Arbeit über Sterilisationsversuche mit Äthylenoxydgas an 48 verschiedenen Keimen. Die Begasung erfolgte in einer Vakuumkammer mit 524 bis 893 mg/l Äthylenoxydkonzentration über 2,5 bis 3 Stunden. Kirby, Atkin und Frey (15) stellten eine mykozide Wirkung von Äthylenoxyd trotz Verpackung in Wachspapier auf Brotschimmel fest. In der Vakuumkammer betrug die Konzentration des Äthylenoxydgases 176 mg/l, die Einwirkungszeit etwa 10 Minuten, oder 80 mg/l in dichten Behältern mit 16 Stunden Einwirkung.

Griffith und Hall (10) berichteten 1938 über Vakuumbehandlung mit Äthylenoxydkonzentrationen von 458 mg/l in 2,5 - 3 Stunden an Gewürzen.

Phillips und Kaye (26) entdeckten 1949, daß Äthylenoxyd sich indifferent verhält gegenüber Metallen und anderen Materialien und daß es poröse Stoffe gut durchdringt. Es läßt sich durch Luft leicht entfernen. Die Brennbarkeit, Explosibilität und Giftigkeit kann durch Mischen mit CO<sub>2</sub> und Freon (Dichlordifluormethan) stark herabgesetzt werden. Die Autoren wiesen auf die Bedeutung der Einwirkungszeit, Konzentration, Temperatur und der relativen Feuchtigkeit hin.

Berger, Schmidt und Dobberstein (2) faßten 1962 die Anforderungen, die an die Gassterilisation gestellt werden müssen, zusammen:

1. Schonende Art der Sterilisation.

2. Abtöten aller vegetativen Keime, Sporen, Pilze und Viren.
3. Für die Praxis tragbare kurze Einwirkungszeit.
4. Indifferenz gegenüber Metallen und anderen Materialien.
5. Gutes Diffusionsvermögen, keine Ad- oder Absorption.
6. Leichtes Entfernen durch Luftwäsche.
7. Unbrennbarkeit, Ungiftigkeit, keine Explosibilität.
8. Leichte Lagerung, Handhabung und leichter Bezug im Handel.

Trotz vieler Nachteile kommt Äthylenoxyd diesen Anforderungen im Verhältnis zu anderen Gasen noch am nächsten.

## 2. Chemisch-physikalische Eigenschaften des Äthylenoxyds

Formel: a)  $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{H} \\ \quad \backslash \quad / \\ \quad \text{O} \end{array}$  b)  $\text{H}_2\text{C} - \text{O} - \text{CH}_2$  c)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  d)  $\text{ÄO}$  (Diese Form der Abkürzung soll in nun folgenden Text benutzt werden!)

ÄO stellt einen einfachen zyklischen Äther, ein Epoxyd, dar. Durch das spannungsreiche Dreieck ist ÄO sehr reaktionsfähig, besonders mit Stoffen, die aktiven H besitzen, wie  $\text{H}_2\text{O}$ , Alkohole, Amine,  $\text{NH}_3$ , organische und Mineral-Säuren (Berger, Schmidt und Dobberstein (2)).

Bei 760 mm Hg und  $20^\circ$  Celsius ist ÄO ein farbloses, leicht brennbares Gas mit chloroformähnlichem, süßlich-aromatischem Geruch. Es siedet bei  $+10,7^\circ$  C und gefriert bei  $-111,3^\circ$  C. Das Molekulargewicht beträgt 44,054, die Dichte 0,8838 (0,896 bei  $20^\circ$  C)..

ÄO hat ein großes Diffusionsvermögen, das nicht nur von der Struktur des zu durchdringenden Stoffes abhängig ist, sondern vor allem von dem Gasdruck.

Nach Schmidt und Dobberstein (30) dringt ÄO in poröse und amorphe Stoffe, in Kunststoffe und in Flüssigkeiten wie Wasser und Öl ein. Durch Polyäthylen dringt es gut, durch Cellophan schlecht.

Die obere und untere Explosionsgrenze beträgt im Gemisch mit Luft 3 Vol. % und 80 Vol. % ÄO/Luft  $\text{O}_2$ . Die Entzündbarkeit von ÄO wird durch Herabsetzen des Druckes auf 40 Torr aufgehoben (Heicken und Bellinger (12)). Durch Beimischen inerte Gase:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  und Freone kann der Entzündbarkeit des ÄO-Gases vorgebeugt werden.

ÄO hydrolysiert in reinem  $\text{H}_2\text{O}$  zu ungiftigem Äthylenglycol.

### 3. Toxizität des ÄO

ÄO ist sowohl in gasförmigem als auch in flüssigem und gelöstem Zustand giftig.

Die Giftwirkung beruht nach Mayr und Kaemmerer (21) sowie Phillips und Kaye (26) auf der Alkylierung freier prosthetischer Gruppen gewisser Proteine und Enzyme. Es dringt langsam in die Zelle ein, so daß ein sog. Spättod erfolgt. Auch nach Fraenkel-Conrat (7) fußt die keimtötende Wirkung des ÄO auf einer Reaktion mit Proteinen. Die Epoxyde werden mit funktionellen Gruppen in den Seitenketten der Proteine verestert; es kommt zu einer irreversiblen Denaturierung. Auf dieser starken Reaktionsfähigkeit des ÄO-Gases mit zahlreichen funktionellen Gruppen von Proteinen beruht die große Wirkungsbreite gegenüber Mikroorganismen.

Nach Gillissen und Scholz (9) reagiert Serumweiß der  $\alpha_1$ - und  $\beta$ - Fraktion am empfindlichsten. ÄO wirkt an Casein, Histidin, Methionin und Cystein (Windmueller (39)).

Für den Menschen wirkt ÄO per inhalationem und auf der Haut schädigend. Wird ÄO als Gas eingeatmet, übt es primär eine narкотische Wirkung aus, sekundär zeigt es Zellgiftwirkung. Zunächst treten Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen auf, dann folgen Reizerscheinungen an den Augen und Schleimhäuten, Gleichgewichtsstörungen und Cyanose. Im schlimmsten Falle kommt es zu Erregungszuständen, Atemnot, Bewußtseinsschwund und Tod. Auf der Haut macht reine ÄO-Flüssigkeit keine Veränderungen, weil sie schnell verdampft. Nur ab 1%iger wässriger Lösung ruft ÄO, von c (Konzentration) und t (Zeit) abhängig, mehr oder weniger starke Verbrennungen hervor (Sexton und Henson (34)). Nach einer gewissen Latenzzeit treten Blasen auf.

8 Stunden lang verträgt der Mensch bei Reizung von Augen und Nasenschleimhäuten eine ÄO-Konzentration von  $100 \text{ mg/m}^3$  Luft, das entspricht der MAK (maximale Arbeitsplatzkonzentration). Wegen seiner reizenden Wirkung auf Auge und Nasenschleimhaut werden zur rechten Zeit Vorsichtsmaßnahmen getroffen, so daß ernste Vergiftungen sehr selten sind. Bisher sind keine chronischen Vergiftungserscheinungen bekannt.

Durch Kochsalzlösungen kann ÄO entgiftet werden; es bildet sich rasch ungiftiges Äthylenchlorhydrin (Lammers und Gewalt (17), Deckart (3)).

Verbindet sich ÄO mit Stoffen, die die Haut berühren, so kann es zu Schädigungen kommen. Nach Royce und Moore (29) verursachen schon 5 - 15 mg absoluten ÄO/g Gummi durch Tragen von Handschuhen eine Dermatitis, während bei weniger als 2 mg ÄO/g Gummi keine Schädigung auftreten soll.

Im allgemeinen entweicht ÄO-Gas sehr schnell, es wird aber sehr leicht und stark von Plastik, Gummi, Leder und einigen organischen Flüssigkeiten absorbiert (Perkins und Lloyd (24)). Etwaige toxische Restgase lassen sich durch Erwärmen des Sterilisationsgutes leicht entfernen oder durch sorgfältige Entlüftung nach der Behandlung, d.h. durch am Ende der Sterilisationszeit einsetzendes dreimaliges Vakuum und Durchspülen der Kammer mit Luft.

#### 4. Methoden der ÄO-Begasung und die Formen der praktischen Anwendung

Die Explosionsgefahr des ÄO kann, wie schon erwähnt, durch Beimischung inerter Gase vermindert werden. Im folgenden sind die 5 Gasgemische, die heute hauptsächlich zur Sterilisation angewendet werden, aufgeführt:

- 1) T - G a s, hergestellt von der Firma Degesch, Frankfurt am Main, besteht aus 90% ÄO + 10% CO<sub>2</sub> und ist nicht explosibel. Es findet Anwendung in der Degeschkammer<sup>1)</sup> hauptsächlich als Insektizid. Bei einem Druck von 40 Torr besteht keine Explosionsgefahr mehr. Die optimale Temperatur liegt bei 20 - 35° C. Der Hauptvorteil äußert sich darin, daß geringere Mengen im Vergleich zu den folgenden Gasgemischen zur Sterilisation notwendig sind.
- 2) C a r t o x, hergestellt von der Firma Degesch, Frankfurt am Main, besteht aus 10% ÄO + 90% CO<sub>2</sub>, es ist ein nicht-brennbares Gemisch und entspricht dem Carboxide der American Sterilizer Amsco Europe, Brüssel. Der Dampfdruck dieses Gases hat ca. 80 atü. Es wird hauptsächlich zur Vertilgung von Ratten und Mäusen benutzt.
- 3) C r y o x i d e der American Sterilizer Amsco Europe, Brüssel, besteht aus 11% ÄO + 89% Freon und ist nicht brennbar.
- 4) O x y f u m e 20 der American Sterilizer Amsco Europe, Brüssel, besteht aus 20% ÄO + 80% CO<sub>2</sub> und ist explosiv.
- 5) S t e r i v i t - G a s der Firma Sterivit, Mainz und der Firma DMB Apparatebau, Heidelberg, besteht aus 12 - 15% ÄO + 85 - 88% CO<sub>2</sub> und ist nicht brennbar. Es besitzt eine außerordentliche Penetrationskraft, so daß die thermoresistenten Sporenmembranen durchdrungen werden können.

Diese Gasgemische werden in 4 verschiedenen Sterilisationsverfahren verwendet:

1) hier ist gemeint eine Vakuumkreislaufanlage

### 1. im Degesch-System:

In der Degeschvakuumkammer wird zunächst ein Vorvakuum erzeugt. Dann wird das Gas zugeführt und bei Unterdruck 2 Stunden und mehr bei 20 - 35° C zur Einwirkung gebracht. T - G a s und C a r t o x sind die Sterilisationsgase.

### 2. im Verfahren der American Sterilizer (USA); Amsco Europe (=American Sterilizer Company):

Auch hierbei wird im Sterilisationsraum ein Vorvakuum bis 70 Torr erzeugt. Es folgt die Gaszuführung: C a r b o x i d e oder C r y o x i d e läßt man bei einem Überdruck bis 2,2 atü 2 - 8 Stunden auf das Sterilisationsgut einwirken. Die Innenraumtemperatur soll 50 - 60° C betragen.

### 3. im Sterivitverfahren nach Lammers und Gewalt (17):

S t e r i v i t g a s oder C a r t o x wird in eine luft-haltige Kammer eingeführt, in der es bei einem Überdruck von 5 - 6 atü weniger als 2 Stunden auf das Sterilisationsmaterial einwirkt. Die Temperatur beträgt 50 - 60° C.

### 4. im Dampf-Gas-Verfahren nach Liebermeister (18):

Nach Erzeugen eines Vorvakuums bis 20 Torr im Begasungsraum wird gesättigter Wasserdampf eingelassen mit nachfolgender Gaszuführung. Die Einwirkungszeit kann bei Normal- oder Überdruck bis 2,2 atü unter 2 Stunden gehalten werden. Die Sterilisationstemperatur ist 50 - 60° C.

CO<sub>2</sub> und Freone im Gemisch bedingen einen höheren Druck, so daß im Überdruckverfahren gearbeitet werden muß. Hierfür ist ein absolut dichter Apparat erforderlich, sonst ist die Gefahr einer Vergiftung durch Entweichen der Gase sehr groß.

Nach Mayr (20) hat das Unterdruckverfahren den Vorteil, daß es sicherer ist, da es ohne O<sub>2</sub>-Beimischung und im Vakuum (hier nicht absolut) seine Brennbarkeit verliert und kein spezialisiertes Personal erfordert. In dem T - G a s besitzt das CO<sub>2</sub> nur eine stabilisierende Wirkung der längeren Haltbarkeit.

Der geringe Druck, den die 10% CO<sub>2</sub> bewirken, beschleunigt die Entleerung der Kammer.

Die ÄO-Begasung wird seit einigen Jahren zur Schädlingsbekämpfung als Insektizid, zur Entkeimung von Gebrauchsgegenständen und Nahrungsmitteln im täglichen Leben, ferner in der Medizin, in der Pharmazie und Hygiene benutzt.

Newmann, Colwell und Jameson (23) zählten eine Reihe von Stoffen auf, die durch ÄO sterilisiert werden können: Leder, Wolle, Baumwolle, Kunstseide, Seide, Nylon, Filz, Papier (Bücher), Plastik, Holz, Stroh, Ölgemälde, Wasserfarbengemälde, Töpferwaren, Metall, Halbedelsteine, Linoleum, Cellophan, metallische Textilwaren und Gummi.

Nach Kaemmerer (13) kann T-Gas zur Kaltsterilisation von ärztlichen Instrumenten (Serumhepatitis !), Antibiotika, Hormonpräparaten, Blutkonserven, Wäsche, Verbandsmaterial und Kunststoffen erfolgreich verwendet werden.

Perkins und Lloyd (24) unterscheiden nach Industriegruppen  
2 Anwendungsbereiche der ÄO-Begasung:

1. in der Nahrungsmittelindustrie die Sterilisation von Nüssen, Gewürzen, getrockneten Pilzen, Milchpulver, Stärke und anderem mehr.
2. in der medizinischen und pharmazeutischen Gebrauchsartikelindustrie die Sterilisation von Plastikverbänden, Gummi- oder Plastikkathetern, Gummistöpseln, Nahtmaterial, Plastikflaschen und Ampullen, Drainagebesteck, Spritzen, Blut-oxygenatoren und Antibiotika.

Seal (33) erwähnte die Sterilisation von Wolldecken und Büchern. Nach Wilson und Bruno (38) reicht schon eine 1%ige Konzentration von ÄO aus, um Fleischbrühe, Milch und Serum wirksam zu sterilisieren.

Mayr und Kaemmerer (22) sterilisierten Trockengelantine.

Whelton, Phaaf, Mrak und Fisher (37) machten Sterilisationsversuche an Trockenfrüchten.

ÄO tötet auch Pilze ab (niedere Pilze) und desinfiziert damit infiziertes Material. Es wird heute zur Sterilisation von Schuhen,

Gummihandschuhen, Bettzeug und Handtüchern benutzt.

Fulton und Mitchell (8) konnten Schuhleder, das pathogene Pilze enthielt, nach 48 Stunden mit C a r b o x i d e keimfrei machen.

Mit T - G a s machte Liebrecht (19) Versuche an pathogenen Dermatophyten. Er stellte dabei fest, daß bei einer Konzentration von 50 mg T-Gas/l die Pilze im Myzelwachstum und in der Konidienbildung schwer geschädigt werden. Für die Sterilisation von Schuhen und Kleidungsstücken empfiehlt er eine Konzentration von 200 mg/l mit einer Stunde Einwirkungszeit.

Kaemmerer und Hauck (14) fanden zur sicheren Desinfektion von Schuhen, die mit Pilzen infiziert waren, eine Konzentration von 500 mg T-Gas/l bei einem Unterdruck von 720 mm Hg.

## 5. Einfluß von Feuchtigkeit, Zeit, Temperatur und Konzentration auf die ÄO-Begasung

Der Begasungseffekt ist von einigen Faktoren abhängig, die sowohl im Verlaufe der Begasung zu beachten sind als auch bereits die Vorbereitung des Begasungsgutes betreffen.

### a) Einfluß von Feuchtigkeit auf die ÄO-Begasung:

Nach Phillips und Kaye (26) hängt die keimtötende Wirkung von ÄO von Konzentration, Temperatur, Einwirkungszeit und von dem Feuchtigkeitsgehalt in der Sterilisationskammer ab. Die Verfasser halten eine geringe Feuchtigkeit für erforderlich, Mangel an Feuchtigkeit und Übermaß erschweren die Sterilisation zeitlich um ein Vielfaches. Den bakteriziden Effekt von ÄO fanden sie bei 28% relativer Feuchtigkeit am größten; für eine erfolgreiche Sterilisation ist allerdings ein Mindestgehalt von 15% notwendig. Bei hohem Vakuum - wohl infolge von Austrocknung - soll die Sterilisation schwierig sein. Auch die Gegenwart von Salz im Sterilisationsmittel erschwerte die Sterilisation (Sporen auf feuchten Baumwolläppchen).

Für die Schwierigkeiten der Sterilisation bei geringem Feuchtigkeitsgehalt gibt es zwei Gründe:

1. mechanische Ursache: zu geringe Durchdringung des Desinfektionsgutes,
2. chemische Ursache: ohne genügend Wasser kommt keine alkylierende Reaktion zustande, die die Ionisation von einem H-Atom möglich macht.

Phillips und Kaye (26) nahmen an, daß die Giftwirkung auf Mikroben wie allgemein von den Bedingungen in der Zelle selbst abhängt, besonders von der Konzentration des ÄO in der absorbierten Feuchtigkeit innerhalb der Bakterienzelle.

Berger, Schmidt und Dobberstein (2) kamen durch ihre Versuche zu einem anderen Ergebnis. Sie erzielten optimale Ergebnisse im S t e r i v i t - Gerät bei 50 - 60% relativer Feuchtigkeit sowohl mit reinem ÄO als auch mit C r y o x i d e und S t e r i v i t - G a s (mit Sporen infizierte feuchte Batistläppchen).

Bei Anwesenheit von Feuchtigkeit bilden sich Spuren ungiftigen Äthylenglykols (Rauscher, Mayr, Kaemmerer (27)). Diese Umsetzung erfolgt bei neutraler Reaktion sehr langsam.

Mayr (20) stellte fest, daß die Wirkung des ÄO durch Lösung in einer geeigneten Flüssigkeit, z.B. Wasser, eintritt. Die normalerweise vorhandene Feuchtigkeit reiche aus; nur in ungünstigen Fällen müsse ihr Gehalt erhöht werden. Mayr gibt eine Möglichkeit der Zeitverkürzung von 6 auf 2 oder 1 Stunde durch eine "Wasservorbehandlung" an, die er Akklimatisation oder Vorbefeuchtung nennt. Bei höherer Feuchtigkeit - über 95% Luftfeuchtigkeit - quellen die Sporenmembrane, die aus Mucopolysacchariden aufgebaut werden, und werden für ÄO durchlässiger.

Der prozentuale Feuchtigkeitsgehalt sowohl des Sterilisationsgutes als auch die relative Luftfeuchtigkeit in der Kammer beeinflussen den Sterilisationseffekt praktisch nicht.

### b) Einfluß der Zeit auf die ÄO-Begasung:

Nach Rauscher, Mayr und Kaemmerer (27) sind bei einer Konzentration von 1000 mg ÄO/l, einer Temperatur von 25° C 6 Stunden Einwirkungszeit zur Sterilisation erforderlich.

Testkeime waren Sporen, vegetative Keime und Pilze auf verschiedenen Keimträgern. Je Keimart kann die ÄO-Konzentration variiert werden. Jedoch führt auch eine längere Einwirkungszeit über 6 - 7 Stunden hinaus bei ungenügender Dosis zu keinem befriedigenden Erfolg.

Mayr (20) zeigte, daß durch erhöhte Konzentration von ÄO die Einwirkungszeit erheblich verkürzt werden kann bei sonst gleichen Bedingungen.

Mit S t e r i v i t - G a s (15% ÄO, 2 - 6 atü, Temperatur 35 - 65° C, ÄO-Konzentration 900 mg/l) benötigten Lammers und Gewalt (17) im S t e r i v i t - Gerät an vegetativen Keimen und Sporen 15 - 20 Minuten zur Sterilisation.

Bei ihren Versuchen fanden Berger, Schmidt und Dobberstein (2) im B e n - V e n u e - S t e r i l i z e r eine Einwirkungszeit von 2 Stunden bei mehr als 25° C, 760 Torr, 20% ÄO und 80% Freon als wirksam. Testkeime waren Bakterien und Sporen. Allerdings konnte nicht in jedem Fall Sterilisation erreicht werden.

Um den gleichen keimtötenden Effekt zu erreichen, erfordert reines ÄO bei einer Konzentration von 1000 mg/l längere Einwirkungszeiten als ÄO-Freon- oder ÄO-Gemische.

Bei Eismanns (4) Versuchen mit Carboxide wurden zur Sterilisation der Keime 5 - 6 Stunden benötigt.

Hieraus ergibt sich, daß die zur Sterilisation nötigen Einwirkungszeiten je nach Verfahren und Keimart recht verschieden sind.

c) Einfluß der Temperatur auf die ÄO-Begasung:

Nach Phillips (25) ist die Wirksamkeit des ÄO-Gases bei je 10° Temperatursteigerung 2,74fach erhöht; um diesen Faktor verringert sich die zur Sterilisation nötige Einwirkungszeit.

Rauscher, Mayr und Kaemmerer (28) fanden eine optimale Temperatur zwischen 30 - 35° C.

Thon und Neumann (36) führten auch bei niedrigen Temperaturen eine erfolgreiche Sterilisation durch, die untere Grenze lag jedoch bei + 13° C.

Die Begasung wird bei der jeweiligen Raumtemperatur zwischen 16 - 25° C durchgeführt. Für die Praxis erweist sich die Tatsache, daß eine zusätzliche Aufheizung der Kammer nicht notwendig ist, als sehr vorteilhaft.

d) Einfluß der Konzentration bei der ÄO-Begasung:

Nach Berger, Schmidt und Dobberstein (2) sollte zur vollständigen Entkeimung die Konzentration auf jeden Fall mindestens 1000 mg ÄO/l betragen, um die Einwirkungszeit möglichst kurz zu halten. Selbst mit 2000 mg ÄO/l konnte nicht bei allen Keimträgern Sterilisation erreicht werden.

Nach Phillips (25) wirken auch ÄO-Konzentrationen unter 500 mg/l keimtötend.

Eine Konzentration von 1000 mg ÄO/l ist nach Mayr (20) bei einer Einwirkungszeit von 6 Stunden erforderlich. Ob die Sterilisation mit reinem ÄO unter Vakuum oder mit ÄO-Gemischen bis 6 Atm. Druck ausgeführt wird, ist dabei ohne Bedeutung, denn nur die tatsächlich vorhandene Menge von ÄO hat einen sterilisierenden Effekt.

e) Sonstige Einflüsse auf die ÄO-Begasung:

Neben diesen 4 wichtigsten Faktoren für die ÄO-Sterilisation haben noch der Infektionsmodus, die Keimzahl und -art, die Keimunterlage und die Sterilisationsapparate einen Einfluß auf das Sterilisationsgeschehen.

Versuche von Berger, Schmidt und Dobberstein (2) bestätigen diese Abhängigkeiten von der Keimzahl: Batistläppchen mit extrem hoher Keimzahl waren nur selten steril zu bekommen, ebenso Abstriche und Sporenerde. Keimträger wie metallische Oberflächen und Cellophan werden schlechter entkeimt als Batistläppchen. In bezug auf die Keimart erwiesen sich Sporen resistenter - wenn auch nur weniger - als vegetative Keime (Phillips und Kaye (26)).

## 6. Vor- und Nachteile der AO-Begasung im Vergleich mit anderen Desinfektions- und Sterilisationsverfahren

### I. Physikalische Methoden

#### 1. Hitzesterilisation

Hitze bewirkt Eiweißkoagulation.

##### a) Sterilisationskocher:

Zur Entkeimung ärztlicher Instrumente wird in einem entsprechenden Kocher Wasser 5 - 30 Minuten auf 100° C erhitzt. Dabei werden Sporen und einige Viren, z.B. das Hepatitisvirus, nicht sicher abgetötet. Dieses Verfahren eignet sich nur für Geräte, die nicht zum operativen Eingriff verwendet werden. Auch das Einbringen einer Nadel in Blutbahn oder Gewebe stellt eine kleine Operation dar. Schneideflächen werden stumpf.

##### b) Die Sterilisation in feuchter Atmosphäre:

In einem Autoklav wird gespannter Dampf erzeugt. In 30 Minuten bei 120° C und 1 atü oder in 10 Minuten bei 134° C und 2 atü werden die Instrumente schonender sterilisiert.

##### c) Das Heißluftverfahren:

In trockener Atmosphäre wird entweder 1 Stunde bei 180° C oder bei Watte und Zellstoff, die bei dieser hohen Temperatur braun werden, 3 Stunden bei 160° C sterilisiert.

#### 2. UV-Bestrahlung

Dieses Verfahren wird zum Entkeimen von größeren Räumen benutzt. UV-Licht wirkt durch Bildung von Oxydationsmitteln keimvermindernd (Ozon und andere Peroxyde).

### II. Keimtötende Chemikalien

1. Alkohole wirken durch Eiweißkoagulation. Sporen werden nicht vernichtet.

2. Phenole und Phenolderivate koagulieren ebenfalls Eiweiß, z.B. 5%ige Kresolseifenlösung. Sie besitzen aber eine ungenügende Wirksamkeit gegenüber Sporen.

3. Formaldehyd wird in 40%iger Lösung als Formalin verwendet.
4. Schwermetallsalze bewirken Eiweißkoagulation (Cu, Ag, Hg), z.B. 1%ige Sublimatlösung.
5. Oxydationsmittel wirken durch Oxydation freier SH-Gruppen des Eiweißes: Ozon,  $H_2O_2$ , die Halogene Chlor und Jod.

Phillips (25) zählte folgende Punkte zu den Vor- und Nachteilen der ÄO-Sterilisation gegenüber diesen klassischen Verfahren auf.

Vorteile:

1. Es wird wenig Material geschädigt.
2. Das Gas ist bei Zimmertemperatur wirksam.
3. Es ist bei relativ geringem Feuchtigkeitsgehalt wirksam.
4. Es hat nur eine geringe nachhaltige Wirkung auf das Sterilisiergut.
5. Seine Wirkung ist bakterizid, nicht bakteriostatisch.
6. Es ist gegen alle Organismen wirksam.
7. Es besitzt eine gute Durchdringungsfähigkeit.

Nachteile:

1. Das ÄO-Gas wirkt langsam.
2. Zur Begasung sind Spezialausrüstungen erforderlich.
3. Das Gas ist giftig.
4. Es ist entzündbar.
5. Es ist teuer.

Bakerman, Romine, Schricker, Takahashi und Mickelsen (1) wiesen auf die Schädigung von Nahrungsmitteln durch ÄO hin.

Liebermeister (18) stellte in einer Tabelle die Eignungen der drei Sterilisationsverfahren mit ÄO, gespanntem Dampf und Heißluft gegenüber bestimmten zu entkeimenden Stoffen zusammen. (Tabelle S. 28) Danach ist Heißluft die geeignetste Methode für Glaswaren, gespannter Dampf für Lösungen, Wäsche, Instrumente und widerstandsfähiges Gummimaterial, ÄO aber für hitzeempfindliches Material wie Catgut, Leder und Papier.

Tabelle nach Liebermeister (18)

| Sterilisationsaufgabe                                                                                | Sterilisation mit |                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                                                                                                      | ÄO                | Dampf            | Heißluft         |
| Lösungen, besonders Infusionslösungen                                                                | ungeeignet        | Methode der Wahl | -                |
| Glaswaren                                                                                            | meist ungeeignet  | möglich          | Methode der Wahl |
| Wäsche und Verbandstoffe                                                                             | unzweckmäßig      | Methode der Wahl | ungeeignet       |
| normale Instrumente (auch Spritzen)                                                                  | unzweckmäßig      | Methode der Wahl | möglich          |
| widerstandsfähige Gummimaterialien (z.B. Silikon)                                                    | möglich           | Methode der Wahl | ungeeignet       |
| hitzeempfindliche Gummimaterialien                                                                   | Methode der Wahl  | ungeeignet       | ungeeignet       |
| hitzeempfindliche Spezialgeräte und -instrumente (Herz-Lungen-Maschinen, künstliche Nieren, Optiken) | Methode der Wahl  | ungeeignet       | ungeeignet       |
| hitzeempfindliche Kunststoffe                                                                        | Methode der Wahl  | ungeeignet       | ungeeignet       |
| hitzeempfindliche pulverförmige Stoffe                                                               | Methode der Wahl  | ungeeignet       | ungeeignet       |
| Catgut                                                                                               | Methode der Wahl  | ungeeignet       | ungeeignet       |
| Leder, Papier                                                                                        | Methode der Wahl  | ungeeignet       | ungeeignet       |

Nach Liebermeister (18) ist die Dampfsterilisation der Sterilisation mit ÄO-Gas in 3 Punkten Überlegen:

1. Die Dampfsterilisation ist sicherer, sie ist kein chemisches, sondern ein physikalisches Verfahren. Die ÄO-Sterilisation ist von vielen Voraussetzungen abhängig. Sporen und verschiedene vegetative Keime (Staph. u. Coli) werden nicht oder nur sehr schwer vernichtet,
  - a) wenn sie an Materialien angetrocknet sind, die weniger als 5% Feuchtigkeitsgehalt haben,
  - b) wenn sie sich in großen Flüssigkeitsmengen oder in sehr flüssigkeitsreichen Stoffen befinden, so daß die dem Gas zugängliche Oberfläche im Verhältnis zum Gesamtvolumen relativ klein ist,
  - c) wenn die Keime von salzhaltiger, eiweißhaltiger oder freie SH-Gruppen enthaltender Flüssigkeit umgeben sind, oder von Stoffen, die mit Gas reagieren,
  - d) wenn sie mit Resten von salzhaltigen Lösungen an Gegenständen angetrocknet sind.
2. Die Dampfsterilisation ist billiger.
3. Die Dampfsterilisation ist schneller. Sie hat doppelt so große Betriebskapazität.

Viren und Phagen werden nach Lammers und Gewalt (17) in physiologischer Kochsalzlösung bei 45<sup>0</sup> C in 54 Minuten inaktiv, sofern 2 g der Suspension mit gespanntem ÄO behandelt wurden. Zur Sterilisation größerer Mengen waren längere Einwirkungszeiten notwendig.

ÄO ist, in Stahlflaschen komprimiert, in reinem Zustand im Handel.

## C) EIGENE VERSUCHE MIT T-GAS

Zur Technik der eigenen Versuche:

### Gaskammer und Begasungsvorgang

Alle Versuche wurden in der "Degeschkammer" mit T-Gas durchgeführt. Die benutzte Degeschkammer faßte 35 Liter und wurde zur Sterilisation von medizinischen Geräten und Instrumenten wie Herz-Lungen-Maschine, künstliche Niere, Optiken, Kathetern u.a. für Krankenhäuser entwickelt. Eine Stahlblechkammer ist mit einer Vakuumkolbenpumpe zur Herstellung des Unterdrucks und einem Wärmeaustauscher zur Verdampfung des flüssigen ÄO verbunden. In ca. 5 bis 8 Minuten kann ein 95%iges Vakuum erzeugt werden. Zur Kontrolle dient ein eingebautes Vakuummeter. Außerdem ist die Kammer mit einem Thermometer versehen; sie kann mit einem Schnellverschluß vollkommen gasdicht verschlossen werden.

Befindet sich das Sterilisationsgut in der Kammer, wird ein Unterdruck von ca. 720 mm Hg erzeugt. Innerhalb von 10 bis 12 Minuten ist der Manometerstand von 730 bis 740 mm Hg erreicht, sofern die Schieber vollständig geöffnet sind.

Zur Abtötung der Helmintheneier wurde eine Gasmenge von  $750 \text{ g T-Gas/m}^3$  von dem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Degesch empfohlen. Wird diese Gasmenge in das Teil-Vakuum hinein verdampft, dann sinkt der Manometerstand von ca. 720 mm Hg zum Teil bis auf unter 200 mm Hg ab. Durch den Unterdruck wird dem Gas das Eindringen in das Sterilisationsgut erleichtert, es kann sich schneller in der Kammer bis ins Innere des Begasungsmaterials ausbreiten und auf dieses wirken. Flüssiges ÄO wird in einem Kreislaufsystem bei  $65^\circ \text{ C}$  verdampft. Auf der einen Seite der Kammer wird Luft angesaugt, die auf der anderen Seite mit Gas beladen wieder zugeführt wird. Nach 10 bis 15 Minuten, wenn alles ÄO verdampft ist, wird abgeschaltet. Danach erfolgt die Einwirkung des Gases. Die Umwälzung sorgt für gleichmäßige Durchmischung der verschiedenen Gase. Am Ende der jeweiligen Einwirkungszeit wird das T-Gas durch dreimal wiederholtes Herstellen eines Vakuums, Auffüllen und Durchspülen der Kammer bis zum Druck-

ausgleich mit gefilterter Frischluft praktisch vollkommen entfernt und in die Atmosphäre abgegeben, wo es sich sofort verdünnt und unschädlich wird.

Der Begasungsvorgang wird bei Zimmertemperatur ( $16 - 25^{\circ} \text{C}$ , sog. Kaltsterilisation) und relativer Luftfeuchtigkeit von etwa 50 bis 65% vorgenommen. Die allgemeine Sterilisationszeit von Keimen beträgt 4 bis 6 Stunden bei einer T-Gas-Konzentration von 500 bis 1000 mg/l.

## Durchführung der Untersuchungen zur Klärung der Wirkung des ÄO-Gases auf

1. Coccidienoocysten,
2. Trichostrongylideneier,
3. Ascarideneier und
4. Muskeltrichinen.

Vorversuche dienten dem Studium der normalen Entwicklung von *Ascariden* und *Coccidien* unter den gegebenen Verhältnissen.

*Ascarideneier* entwickelten sich nach 14 Tagen im Brutschrank bei 37° C zu Embryonen. Die Embryonierungsquote lag bei 80%.

*Coccidienoocysten* sporulierten am 8. Tag bei Zimmertemperatur.

1. Die Wirkung der ÄO-Begasung auf *Coccidienoocysten*  
(Vergleiche Tabelle II auf Seite 34)

### Material und Methodik:

Als Testobjekte wurden nichtsporulierte *Coccidienoocysten* der Art *Eimeria tenella* verwendet, die frisch aus dem Blinddarminhalt eines jungen sezierten Huhnes gewonnen wurden.

6 kleine offene Petrischalen nahmen die Faecesproben auf. Jeweils 2 Schalen wurden mit einer 1/4 bzw. 1/2 Stunde bei gleicher T-Gas-Konzentration von 750 g/m<sup>3</sup> begast. Die 2 restlichen Petrischalen dienten zur Kontrolle. Nach der Begasung wurden die 4 Schälchen aus dem Begasungsversuch und die 2 Kontrollschälchen mit 2%iger Kaliumbichromatlösung bis zur Überdeckung übergossen und bei Zimmertemperatur aufgestellt.

Um eine allzu schnelle Verdunstung der Flüssigkeit zu vermeiden, wurden die 6 Schälchen mit Glasdeckeln abgedeckt, so daß nur ein kleiner Spalt offen blieb. Alle 2 Tage wurden Proben bei 40-100-facher Vergrößerung unter dem Mikroskop beobachtet. Zur Auswertung wurden die sporulierten *Coccidienoocysten* in einer Anzahl von wenigstens 400 je Petrischale mikroskopisch ausgezählt. Als Maß für die Wirkung des ÄO-Gases diente der Prozentsatz der nichtsporulierten *Coccidienoocysten* im Vergleich mit den Kontrollen. Die Auszählung erfolgte am 18. Tag nach dem Begasungsversuch.

### Versuchsreihe:

Bei gleicher T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$  wurden 2 verschiedene Einwirkungszeiten zur Begasung von Coccidienoocysten verwendet.

1. Coccidienoocysten in 2 offenen kleinen Petrischalen wurden dem ÄO-Gas  $1/2$  Stunde lang ausgesetzt. Der Unterdruck betrug  $720 - 470 \text{ mm Hg}$ , die Temperatur  $14 - 16^\circ \text{ C}$ .
2. Coccidienoocysten in 2 offenen kleinen Petrischalen wurden dem ÄO-Gas  $1/4$  Stunde lang ausgesetzt. Der Unterdruck betrug  $720 - 490 \text{ mm Hg}$ , die Temperatur  $16 - 20^\circ \text{ C}$ .

Das mikroskopische Bild zeigte unmittelbar nach der Begasung bei den begasten Proben keine Veränderungen gegenüber denen aus der Kontrolle. Alle Coccidienoocysten waren zur Zeit der Gaseinwirkung noch nicht sporuliert. Am 5. Tag nach der Begasung waren in den Kontrollschalen einige Oocysten sporuliert und zeigten 4 Sporoblasten; in den Schalen mit dem begasten Material war keine Sporulation zu beobachten. Am 7. Tag waren in den Kontrollen die Oocysten zu Sporocysten umgewandelt.

18 Tage nach dem Begasungsversuch waren von den Coccidienoocysten in der einen Kontrollschale 10%, in der anderen Kontrollschale 16% sporuliert. In den anderen Schalen mit den begasten Proben war keine sporulierte Coccidienoocyste zu finden.

Die Einwirkungszeit von  $1/4$  Stunde hatte ausgereicht, daß das ÄO-Gas bei einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$  nicht-sporulierte Coccidienoocysten der Art *Eimeria tenella* in der Entwicklung gehemmt hat; es kam nicht zur Sporulation.

Tabelle II

ÄO-Begasung von Coccidienocysten

| Versuch | Gasdosis            | Einwirkungszeit | Unterdruck | Temperatur | Kontrolle | Ver-suchsschalen | Begasungs-erfolg |
|---------|---------------------|-----------------|------------|------------|-----------|------------------|------------------|
| Nr.     | in g/m <sup>3</sup> | in Stunden      | in mm Hg   | in Grad C  |           |                  | in %             |
| 1.      | 750                 | 1/2             | 720-470    | 14-16      | +         | Ø                | 100              |
| 2.      | 750                 | 1/4             | 720-490    | 16-20      | +         | Ø                | 100              |

+ = Sporulation

Ø = keine Sporulation

## 2. Die Wirkung der ÄO-Begasung auf Trichostrongylideneier (Vergleiche Tabelle III auf Seite 36)

### Material und Methodik:

Als Objekt für die ÄO-Begasung wurde *Oesophagostomum dentatum* bzw. *longicaudum* genommen. Das Testmaterial stammte aus einer Schweinekotprobe. Die Eier wurden durch eine 20 Minuten lang andauernde NaCl-Anreicherung im Flotationsverfahren gewonnen. Im Mikroskop waren Trichostrongylideneier der Gattung *Oesophagostomum* mit 8 - 16 Blastomeren zu erkennen.

In 3 kleinen Petrischalen wurden die *Oesophagostomum*-Eier mit Gartenerde vermischt. 2 Schalen wurden in den Begasungsversuch genommen, 1 Schale zur Kontrolle aufgestellt.

### Versuch:

1/4-stündige ÄO-Begasung von *Oesophagostomum*-Eiern bei einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$

Die *Oesophagostomum*-Eier wurden in 2 offenen wie oben geschildert präparierten Petrischalen in die Kammer gebracht. Der Unterdruck betrug 690 bis 460 mm Hg, die Temperatur 13 bis  $21^\circ \text{C}$ .

Nach der Begasung wurden alle 3 Petrischalen bei Zimmertemperatur aufgestellt. Die Proben wurden gut feucht gehalten. Am 4. Tag wurden die Proben in drei 5 cm hohe Gläser gebracht, die eine lichte Weite von 3,5 cm hatten, und wurden mit Leitungswasser feucht gehalten. 3 Tage später konnte man an der Glaswand des Kontrollglases emporkriechende Larven beobachten. Am 11. Tag waren im Kontrollglas zahlreiche Drittlarven (invasionsreif) zu sehen. In den anderen beiden Gläsern waren keine Larven zu finden.

Die Einwirkungszeit von einer 1/4 Stunde hatte ausgereicht, Trichostrongylideneier der Art *Oesophagostomum dentatum* bzw. *longicaudum* mit einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$  abzutöten.

Nach 11-tägiger Entwicklungszeit waren in den begasten Kotproben keine geschlüpften Larven des Knötchenwurms festzustellen.

Es scheint, als seien in der benutzten Gartenerde Erdnematoden vorhanden gewesen, die in den Kontrollen in Erscheinung traten, in den Versuchen aber mit abgetötet wurden.

Tabelle III

ÄO-Begasung von Trichostrongylideneiern

| Gasdosis<br>in g/m <sup>3</sup> | Einwirk-<br>kungszeit<br>in Stunden | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Kontrolle | Versuchs-<br>schale | Begasungs-<br>erfolg<br>in % |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------|---------------------|------------------------------|
| 750                             | 1/4                                 | 690-<br>460                    | 13-21                           | +         | Ø                   | 100                          |

+ = Larvenentwicklung

Ø = Larvenabtötung bzw. keine Larvenentwicklung

### 3. Die Wirkung der ÄO-Begasung auf Ascarideneier

#### Material und Methodik:

Als Objekt für die Untersuchungen an Spulwürmern dienten die Eier von *Ascaris lumbricooides* var. suis, die dem Uterus maturer weiblicher Würmer entnommen wurden. In kleinen Petrischalen wurden sie unter Wasserzusatz im Brutschrank bei + 37° C zur Entwicklung gebracht.

Sie wurden zum Teil auf Filterpapier, zum Teil direkt in einem Aufguß aus der Schale, in der sie zur Entwicklung gebracht worden waren, in Zentrifugenröhrchen in den Versuch genommen.

Zur Prüfung der Wirkung des Unterdrucks auf Ascarideneier wurden 2 Versuche mit Kontrollen durchgeführt. Sämtliche Versuche wurden bei Zimmertemperatur vorgenommen.

Nach Beendigung des Begasungsversuches wurden die Ascarideneier mit dem Filterpapierstreifen jeweils in eine Petrischale oder aus dem Zentrifugenröhrchen direkt in eine Petrischale umgeschüttet und bei 37° C im Brutschrank zur Entwicklung gebracht. In der Folgezeit wurde täglich Leitungswasser in die Petrischalen nachgefüllt, damit zu keiner Zeit eine Austrocknung erfolgte. Anfangs wurden jeden Tag, ab 4. Tag alle 2 Tage Proben mikroskopisch untersucht, um Entwicklung bzw. Ausbleiben der Embryonierung der Eier zu überwachen.

Die Feststellung der Versuchsergebnisse erfolgte durch Auszählen und durch Ermittlung des Entwicklungsstadiums von wenigstens 200 Ascarideneiern je Petrischale. Nur in wenigen Fällen wurden weniger als 200 Eier ausgezählt. In den Kontrollen waren durchschnittlich 80% der Eier embryoniert.

Als Maßstab für die Beurteilung der Wirksamkeit des ÄO-Gases diente der Prozentsatz der nichtembryonierten Eier. Die Auszählung erfolgte in einem durchschnittlichen Bebrütungsalter der Ascarideneier von 4 Wochen.

## 1. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle IV auf Seite 40)

Zur Feststellung der Auswirkungen des Unterdrucks auf Ascarideneier wurden folgende Versuche durchgeführt:

1) Das Material wurde bei einem Unterdruck von 700 bis 300 mm Hg für 3 1/2 Stunden ohne AO-Begasung bei sonst gleichen Bedingungen wie bei den folgenden Hauptversuchen in die Degeschkammer gebracht. Es wurden 6 Tage lang bebrütete Ascarideneier verwendet; die befruchteten Eier enthielten zu dieser Zeit 2 - 8 Blastomeren.

Zwei 1 x 2 cm große Filterpapierstückchen wurden in die Ascarideneieraufschwemmung getaucht und dann mit einer Pinzette in die Zentrifugenröhrchen gebracht. Diese wurden mit einem Zellstoffpfropfen verschlossen, um eine allzu große Austrocknung zu verhindern. Die zwei Röhrchen kamen für 3 1/2 Stunden in die Degeschkammer. Nach dem Versuch wurden die Filterpapierstückchen in kleine Petrischalen gelegt, mit Leitungswasser angefeuchtet und in den Brutschrank gebracht. Das mikroskopische Bild der unmittelbar nach dem Unterdruckversuch beobachteten Ascarideneier zeigte keine Veränderungen gegenüber der Kontrolle. Auch einige Tage später war mikroskopisch kein Unterschied im Vergleich zu der Kontrolle festzustellen.

Am 11. Tag nach dem Versuch, dem 17. Tag der Bebrütung, zeigten sich in der Kontrollschale die ersten embryonierten Ascarideneier. Erst am 20. Tag nach dem Versuch waren embryonierte Eier in den Versuchsschalen zu finden.

Es war also eine 9-tägige Verzögerung der Embryonierung eingetreten.

Am 27. Tag nach dem Versuch, dem 33. Tag der Bebrütung der Ascarideneier, waren 77,1% der Eier embryoniert. In der Kontrolle waren am 33. Tag der Bebrütung 88,1% der Ascarideneier embryoniert; das ergab einen Unterschied von 11%.

2) Ascarideneier wurden in der Degeschkammer einem Dauerunterdruck von 700 mm Hg eine Stunde lang ausgesetzt.

In einem Zentrifugenröhrchen wurde ein in eine Aufschwemmung ungefurchter Ascarideneier getauchtes Filterpapierstückchen

(1 x 2 cm groß) verwendet. Ein zweites Zentrifugenröhrchen enthielt ein Milliliter (entspricht 1 cm Höhe) der Ascarideneieraufschwemmung. Die Zentrifugenröhrchen blieben jeweils ohne Verschuß. Während des Versuchs betrug die Temperatur 15° C (ungeheizter Raum). Unmittelbar nach dem Versuch und im Verlaufe der weiteren Entwicklung waren mikroskopisch keine Veränderungen festzustellen. Es trat eine geringe Verzögerung in der Embryonierung der so behandelten Ascarideneier (17. Tag) um 4 Tage gegenüber der Kontrolle (13.Tag) ein. Am 36. Tag der Bebrütung waren von den Ascarideneiern aus der Kontrolle 77,8%, aus dem ersten Röhrchen 58,0% und aus dem zweiten Röhrchen 69,5% embryoniert.

Es zeigte sich, daß der Unterdruck nur einen geringgradigen Einfluß auf die embryonale Entwicklung der Ascarideneier hatte. Dieser äußerte sich in einer im ersten Teilversuch um 11% niedrigeren Embryonierungsquote, im zweiten Teilversuch um 19,8% bzw. 8,3%. Ascarideneier, die an Filterpapierstückchen klebten, waren dem Unterdruck stärker ausgesetzt als die in der Aufschwemmung befindlichen. Der Unterschied in der Embryonierungsquote betrug hierbei 11,5%. Im ersten Versuch wiesen die an Filterpapierstückchen klebenden Ascarideneier trotz Unterdruckaussetzung von 3 1/2 Stunden gegenüber 1 Stunde im zweiten Versuch eine nur um 11% niedrigere Embryonierungsquote als die Kontrolle auf.

Gut vergleichen ließ sich die Entwicklung der Ascarideneier, die auf Filterpapierstückchen angeklebt in die Kammer genommen wurden. Dabei ergab sich bei den Ascarideneiern, die nur eine Stunde lang dem Unterdruck ausgesetzt waren, eine um 19,1% niedrigere Embryonierungsquote als bei den 3 1/2 Stunden lang - allerdings einem auf 300 mm Hg absinkenden - Unterdruck ausgesetzten Ascarideneiern.

Die Versuche scheinen zu zeigen, daß die Verbringung von Ascarideneiern in eine Unterdruckkammer zu einer Entwicklungsverzögerung, nicht aber zur Abtötung führt.

Tabell IV

Wirkung des Unterdrucks auf Ascarideneier (1. Versuchsreihe)

---

| Versuch<br>Nr.   | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Einwir-<br>kungszeit<br>in Stun-<br>den | Tempe-<br>ratur<br>in Grad<br>C | Auszäh-<br>lung<br>Tage<br>nach<br>Versuch | Embryonierungsquote<br>Kontrolle<br>in % | Versuch<br>in % |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
| 1.               | 700-<br>300                    | 3 1/2                                   | 18                              | 33                                         | 88,1                                     | 77,1            |
| 2.               | 700                            | 1                                       | 15                              | 36                                         | 77,8                                     |                 |
| Röhr-<br>chen a) |                                |                                         |                                 |                                            |                                          | 58,0            |
| Röhr-<br>chen b) |                                |                                         |                                 |                                            |                                          | 69,5            |

## 2. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle V auf Seite 42, siehe auch Fotografie 3)

Begasung von Ascarideneiern mit 3-stündiger Einwirkungszeit bei einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$

Zunächst wurden ca. 1 x 2 cm große Filterpapierstückchen in eine Aufschwemmung von ungefurchten und von 4 Tage lang bis zu 4 Teilungskugeln bei  $+ 37^{\circ} \text{ C}$  entwickelten Ascarideneiern getaucht und je in ein mit Zellstoffpfropfen verschlossenes Zentrifugenröhrchen gebracht.

Ein Kontrollröhrchen und zwei Versuchsröhrchen wurden jeweils verwendet. Letztere wurden in der Degeschkammer 3 Stunden lang der ÄO-Begasung ausgesetzt. Die Temperatur betrug  $20^{\circ} \text{ C}$ ; der Druck sank während der Einwirkungszeit von anfänglich 700 mm Hg auf 300 mm Hg ab.

Nach der Begasung waren die Filterpapierstückchen noch feucht, jedoch etwas trockener als die der Kontrolle außerhalb der Kammer. Die begasten Filterpapierstückchen und das der Kontrolle wurden in kleine Petrischalen gelegt und gut angefeuchtet. Unmittelbar nach der Begasung war mikroskopisch kein Unterschied zwischen Kontrolleiern und begasten Eiern festzustellen. Die begasten Ascarideneier wiesen ab 1. Tag pathologische Veränderungen gegenüber der Kontrolle auf; es waren Eihautablösungen zu sehen, grob granuliertes Plasma und vor allem Bildung hyaliner Gebilde neben den eigentlichen Furchungskugeln, sogenannter Plasmakugeln. Von den ungefurchten in den Versuch genommenen Ascarideneiern waren in der Kontrolle am 25. Bebrütungstag die ersten Embryonen zu beobachten; bei den gefurchten Eiern waren am 22. Bebrütungstag Embryonen zu sehen.

Als die Kontrollen nach 30 Tagen 85,8% und 75,0% (am 34. Tag der gesamten Bebrütung) embryonierte Eier zeigten, wurden die Versuchsschalen ausgezählt.

Es ergab sich, daß alle begasten Eier in ihrer Entwicklung stehengeblieben waren. Das bedeutet, daß ein 100%ig abtötender Begasungseffekt sowohl auf ungefurchte als auch schon bis zu 4 Blastomeren gefurchte Ascarideneier erzielt wurde.

Tabelle V

(Siehe auch Fotografie 3)

ÄO-Begasung von Ascarideneiern (2.Versuchsreihe)

| Versuch<br>Nr.                                | Gas-<br>dosis<br>in<br>g/m <sup>3</sup> | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Embryonierungsquote<br>(30 Tage nach Bega-<br>sung) in % | Begasungs-<br>erfolg<br>Versuch . in % |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1.<br>(unge-<br>furchte<br>Eier)              | 750                                     | 3                                            | 700-<br>300                    | 20                              | 85,8      Ø                                              | 100                                    |
| 2.<br>(4 Tage<br>lang be-<br>brütete<br>Eier) |                                         |                                              |                                |                                 | 75,0      Ø                                              | 100                                    |

Ø = keine Embryonierung

### 3. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle VI auf Seite 44, siehe auch Fotografie 2)

1-stündige Begasung nichtembryonierter Ascarideneier  
bei einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$

Filterpapierstückchen wurden in eine Aufschwemmung ungefurchter Ascarideneier getaucht und jeweils in einem Zentrifugenröhrchen mit Zellstoffpfropfen, in einem Zentrifugenröhrchen ohne Zellstoffpfropfen und in einer offenen Petrischale mit Wasser in die Kammer gebracht.

Der Unterdruck betrug 700 bis 470 mm Hg, die Temperatur 22 bis  $25^{\circ} \text{ C}$ .

Nach dem Versuch befand sich das Filterpapier in den beiden Zentrifugenröhrchen noch fast gleich feucht wie die Kontrolle.

In der Kontrolle wurde ebenfalls ein präpariertes Filterpapierstück bebrütet. Am 16. Bebrütungstag waren in der Kontrollschale, der die Ascarideneier für den Versuch entnommen wurden, zu gleicher Zeit die ersten embryonierten Eier zu sehen.

30 Tage nach der Begasung zeigten die Eier aus allen 3 begasten Versuchsschalen keine Weiterentwicklung, viele Ascarideneier wiesen Veränderungen mit vergrößerten Granula (Lipoide) und sogenannten Plasmakugeln wie bei der 2. Versuchsreihe auf. In der Kontrollschale waren am 30. Tag etwa 80% embryoniert.

Auch bei 1-stündiger Begasungszeit ergab sich eine 100%ige Abtötung der Ascarideneier.

Tabelle VI

(Siehe auch Fotografie 2)

ÄO-Begasung von Ascarideneiern (3. Versuchsreihe)

| Gas-<br>dosis<br>in $\text{g/m}^3$ | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Embryonierungsquote<br>(30 Tage nach Bega-<br>sung) in % | Begasungs-<br>erfolg<br>in % |
|------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                    |                                              |                                |                                 | Kontrolle Versuch                                        |                              |
| 750                                | 1                                            | 700-<br>475                    | 22-25                           | 80,0                                                     | Ø 100                        |

Ø = keine Embryonierung

#### 4. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle VII auf Seite 46, siehe auch Fotografie 1)

1/2-stündige Begasung von Ascarideneiern mit 8 Furchungskugeln (nach 6 1/2-tägiger Bebrütung bei 37° C) durch eine T-Gas-Konzentration von 750 g/m<sup>3</sup>

Der Unterdruck betrug 700 bis 460 mm Hg, die Temperatur 20° C. Verwendet wurden Ascarideneier auf Filterpapierstückchen in jeweils einem Zentrifugenröhrchen mit und ohne Zellstoffpfropfen und Ascarideneier, in Wasser aufgeschwemmt, in einer kleinen Petrischale nach einer Bebrütungsdauer von etwa 150 Stunden. Nach der Begasung war von dem Material kaum Wasser verdunstet, die Filterpapierstückchen waren in den Zentrifugenröhrchen noch gut feucht. Die begasten Filterpapierstückchen wurden zur Bebrütung in kleine Petrischalen mit Wasser gelegt. Mikroskopisch wurden erst am nächsten Tag Veränderungen festgestellt. Bei allen begasten Ascarideneiern fanden sich pathologische Veränderungen, entweder Plasmakugeln, Eihautablösungen oder Vergrößerung der Granula. Zur Kontrolle diente eine Schale, der die Ascarideneier für den Versuch entnommen wurden.

22 Tage nach der Begasung, am 29. Bebrütungstag, wurden in der Kontrolle die ersten embryonierten Ascarideneier beobachtet. 27 Tage nach der Begasung, dem 34. Tag der Bebrütung, waren von den Ascarideneiern aus der Kontrollschale etwas mehr als 80% embryoniert, alle begasten Ascarideneier waren in dem gleichen Entwicklungsstadium wie vor der AO-Begasung geblieben. Es zeigte sich etwa der gleiche Prozentsatz bis zu 8 Blastomeren gefurchter Eier, jedoch mit Veränderungen innerhalb der Struktur der Zelle.

Eine Begasung von 1/2 Stunde tötete die schon gefurchten Ascarideneier restlos ab.

Tabelle VII

(Siehe auch Fotografie 1)

ÄO-Begasung von Ascarideneiern (4. Versuchsreihe)

| Gas-<br>dosis<br>in $\frac{g}{m^3}$ | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Embryonierungsquote<br>(27 Tage nach Bega-<br>sung) in % | Begasungs-<br>erfolg<br>in % |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
|                                     |                                              |                                |                                 | Kontrolle                                                | Versuch                      |

---

|     |     |             |    |      |   |     |
|-----|-----|-------------|----|------|---|-----|
| 750 | 1/2 | 700-<br>460 | 20 | 80,0 | Ø | 100 |
|-----|-----|-------------|----|------|---|-----|

Ø = keine Embryonierung

## 5. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle VIII a und b auf Seite 49)

1/2-stündige Begasung nichtembryonierter Ascarideneier durch eine T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$

Der Unterdruck betrug 720 bis 470 mm Hg, die Temperatur 14 bis  $16^\circ \text{ C}$ .

In dem Versuch verwendet wurden frisch dem Uterus entnommene Ascarideneier in einem Zentrifugenröhrchen

1. mit Zellstoffpfropfen auf Filterpapierstückchen,
2. ohne Zellstoffpfropfen auf Filterpapierstückchen,
3. in 1 ml Wasser (entspricht 1 cm Höhe); 2 Tropfen aus der Ascarideneieraufschwemmung,
4. in 3 ml Wasser (entspricht 2,75 cm Höhe); 2 Tropfen aus der Ascarideneieraufschwemmung und
5. in 5 ml Wasser (entspricht 4,5 cm Höhe); 2 Tropfen aus der Ascarideneieraufschwemmung.

Am Tage nach der Begasung waren mikroskopisch in allen 5 Proben pathologische Veränderungen mit Plasmakugeln zu beobachten. Unmittelbar nach dem Begasungsvorgang konnte man noch keine Veränderungen sehen. Die Kontrollen zeigten am 15. Bebrütungstag die ersten Embryonen. Am 38. Tag der Bebrütung waren in der Kontrollschale 83,6% der Ascarideneier embryoniert. Zur gleichen Zeit hatte sich an den Ascarideneiern auf Filterpapierstückchen in Zentrifugenröhrchen mit und ohne Zellstoffpfropfen keine Entwicklung gezeigt, alle Ascarideneier dieser Versuche (5.1 und 5.2) waren in dem Entwicklungsstadium, in dem sie begast wurden, stehengeblieben und zeigten mikroskopisch Veränderungen mit Plasmakugeln. Von den Ascarideneiern aus dem Röhrchen 3 (Ascarideneieraufschwemmung in 1 cm hoher Schicht) waren 86,0% unfurcht geblieben, 14,0% hatten sich bis zu etwa 16 Blastomeren weiterentwickelt, 10,2% waren mit 2 Furchungskugeln, 2,7% mit 3 und 4, 0,9% mit 5 bis 8 und 0,2% mit 9 bis zu 16 Furchungskugeln zu finden.

Von den Ascarideneiern aus dem Röhrchen 4 (Ascarideneieraufschwemmung in 2,75 cm hoher Schicht) hatten sich 14,4% bis zu etwa 32 Blastomeren weiterentwickelt, davon waren 6,4% mit

2 Furchungskugeln, 3,5% mit 3 und 4, 2,9% mit 5 bis 8, 0,5% mit 9 bis 16 und 1,1% mit 17 bis 32 Furchungskugeln versehen. 85,6% waren ungefurcht geblieben. Embryonen in Wurmform waren nicht zu sehen.

Von den Ascarideneiern aus dem Röhrchen 5 (Ascarideneieraufschwemmung in 4,5 cm hoher Schicht) hatten sich 72,5% der Eier weiterentwickelt, davon 12,0% bis zu 2 Blastomeren, 32,8% von 3 bis 4, 19,1% von 5 bis 8, 6,2% von 9 bis 16 und 2,4% von 17 bis zu 32 Blastomeren. Nicht weiterentwickelt hatten sich 27,5% der Ascarideneier.

In allen 5 Proben zeigten die Ascarideneier an den Blastomeren die pathologischen Veränderungen mit Plasmakugeln.

Eine über den Ascarideneiern befindliche Wassersäule hat einen gewissen Schutz der Wurmeier vor der AO-Einwirkung ausgeübt, der sich in einer Entwicklung eines Prozentsatzes der Eier bis zum Blastulastadium mit 32 Furchungskugeln zeigt. Andererseits ist ein nach der Höhe der Wassersäule variabler Prozentsatz der Eier abgetötet bzw. soweit geschädigt, daß eine Embryonierung ausgeblieben ist.

Tabelle VIII a

ÄO-Begasung von Ascarideneiern (5. Versuchsreihe)

|             | Blastomeren Röhrchen                       |      |                                 |                                    |                                   | Kontroll-<br>schale            |
|-------------|--------------------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|             | 1<br>(auf Filter-<br>papier-<br>stückchen) | 2    | 3<br>(1 cm<br>Wasser-<br>säule) | 4<br>(2,75 cm<br>Wasser-<br>säule) | 5<br>(4,5 cm<br>Wasser-<br>säule) |                                |
| UNGEFURCHT  | 100%                                       | 100% | 86,0%                           | 85,6%                              | 27,5%                             | 16,4%(unbe-<br>frucht-<br>tet) |
| 2           | Ø                                          | Ø    | 10,2%                           | 6,4%                               | 12,0%                             | Ø                              |
| 3-4         | Ø                                          | Ø    | 2,7%                            | 3,5%                               | 32,8%                             | Ø                              |
| 5-8         | Ø                                          | Ø    | 0,9%                            | 2,9%                               | 19,1%                             | Ø                              |
| 9-16        | Ø                                          | Ø    | 0,2%                            | 0,5%                               | 6,2%                              | Ø                              |
| 17-32       | Ø                                          | Ø    | Ø                               | 1,1%                               | 2,4%                              | Ø                              |
| embryoniert | Ø                                          | Ø    | Ø                               | Ø                                  | Ø                                 | 83,6%                          |

Tabelle VIII b

| Gas-<br>dosis<br>in<br>g/m <sup>3</sup> | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Embryonierungsquote<br>(38 Tage nach Bega-<br>sung) in % | Begasungs-<br>erfolg |     |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|-----|
|                                         |                                              |                                |                                 | Kontrolle                                                | Versuch              |     |
| 750                                     | 1/2                                          | 720-<br>470                    | 14-16                           | 83,6                                                     | Ø                    | 100 |

Ø = keine Embryonierung

## 6. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle IX a und b auf Seite 51)

1/4-stündige Begasung nichtembryonierter Ascarideneier bei einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$

Der Unterdruck betrug 720 bis 490 mm Hg, die Temperatur 16 bis  $20^\circ \text{ C}$ .

Begast wurden frisch dem Uterus entnommene Ascarideneier in 5 Röhrchen.

(Aufstellung siehe 5. Versuchsreihe)

Gleich nach der AO-Begasung waren mikroskopisch keine Veränderungen festzustellen. Einen Tag nach der Begasung zeigten die Ascarideneier aller 5 Proben unter dem Mikroskop Eihautablösungen, grobe Granula und Plasmakugeln.

Die Ascarideneier in der Kontrollschale waren am 15. Bebrütungstag zum Teil embryoniert. Am 38. Tag nach der Begasung waren die Ascarideneier aus der Kontrollschale zu 81,7% embryoniert. Die Ascarideneier auf Filterpapierstückchen in Zentrifugenröhrchen mit und ohne Zellstoffpfropfen waren ungefurcht und zeigten pathologische Veränderungen mit Plasmakugeln.

Aus dem Röhrchen 3 (Ascarideneieraufschwemmung in 1 cm hoher Schicht) hatten sich 39,0% der Ascarideneier weiterentwickelt, und zwar 8,3% bis zu 2 Furchungskugeln, 14,6% bis zu 4, 12,7% bis zu 8, 3,2% bis zu 16 und 0,2% bis zu 32.

Aus dem Röhrchen 4 (Ascarideneieraufschwemmung in 2,75 cm hoher Schicht) hatten sich 4,1% weiterentwickelt, davon 1,9% bis zu 2 Furchungskugeln, 1,9% bis zu 4 und 0,3% bis zu 16.

Aus dem Röhrchen 5 (Ascarideneieraufschwemmung in 4,5 cm hoher Schicht) hatten sich 27,6% der Ascarideneier weiterentwickelt, davon 4,5% bis zu 2 Blastomeren, 5,1% bis zu 4, 8,7% bis zu 8, 8,7% bis zu 16 und 0,6% bis zu 32.

Embryoniert war keines der begasten Ascarideneier. Sie wiesen alle pathologische Veränderungen auf.

Eine Korrelation der Furchung bezüglich der Wasserstandshöhe kann hier nicht aufgestellt werden, das Röhrchen 4 läßt es nicht zu.

Eine AO-Begasung von einer 1/4 Stunde bei einer T-Gas-Kon-

zentration von  $750 \text{ g/m}^3$  reichte ebenfalls aus, Ascarideneier so zu schädigen - auch in Ascarideneieraufschwemmungen bis zu einer Höhe von 4,5 cm -, daß sie nicht zur Embryonierung kamen.

Für den Begasungseffekt war es belanglos, ob die Röhren mit Zellstoffpfropfen verschlossen sind oder nicht.

Tabelle IX a

ÄO-Begasung von Ascarideneiern (6. Versuchsreihe)

| Blastomeren | Röhrchen                                   |      |                                 |                                    |                                   | Kontroll-<br>schale       |
|-------------|--------------------------------------------|------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|             | 1<br>(auf Filter-<br>papier-<br>stückchen) | 2    | 3<br>(1 cm<br>Wasser-<br>säule) | 4<br>(2,75 cm<br>Wasser-<br>säule) | 5<br>(4,5 cm<br>Wasser-<br>säule) |                           |
| ungefurcht  | 100%                                       | 100% | 61,0%                           | 95,9%                              | 72,4%                             | 18,3% (unbe-<br>fruchtet) |
| 2           | Ø                                          | Ø    | 8,3%                            | 1,9%                               | 4,5%                              | Ø                         |
| 3-4         | Ø                                          | Ø    | 14,6%                           | 1,9%                               | 5,1%                              | Ø                         |
| 5-8         | Ø                                          | Ø    | 12,7%                           | Ø                                  | 8,7%                              | Ø                         |
| 9-16        | Ø                                          | Ø    | 3,2%                            | 0,3%                               | 8,7%                              | Ø                         |
| 17-32       | Ø                                          | Ø    | 0,2%                            | Ø                                  | 0,6%                              | Ø                         |
| embryoniert | Ø                                          | Ø    | Ø                               | Ø                                  | Ø                                 | 81,7%                     |

Tabelle IX b

| Gas-<br>dos<br>in 3<br>g/m | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Embryonierungsquote<br>(38 Tage nach Bega-<br>sung) in % | Begasungs-<br>erfolg<br>in % |
|----------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
| 750                        | 1/4                                          | 720-<br>490                    | 16-20                           | 81,7                                                     | Ø                            |
|                            |                                              |                                |                                 |                                                          | 100                          |

Ø = keine Embryonierung

## Versuch zur Klärung der Äthylenoxydwirkung

Sudan-III-Färbung von Ascarideneiern zur Darstellung von Lipoiden und Fetten (evtl. "fettige Degeneration").

Unter der äußeren Eihülle des Ascarideneies befindet sich eine Lipoidmembran, die von Desinfizientien im allgemeinen nicht durchdrungen wird. Ein wirksames Desinfizienz muß aber die äußeren Eihüllen bzw. die Lipoidschichten auflösen (vergleiche Coccidienocysten).

ÄO-Gas zerstört oder verändert Fette und Eiweißkörper, besonders Casein und Aminosäuren. So werden durch ÄO z.B. langkettige Fettsäuren in kurzkettige gespalten.

Zwei Objektträger wurden mit Eiweiß-Glyzerin bestrichen. Auf den einen Objektträger wurden einige Tropfen einer Aufschwemmung von 9 Tage lang bis zu 32 Blastomeren entwickelten Ascarideneiern aus Kontrollversuchen gebracht. Der andere Objektträger nahm einige Tropfen aus der Ascarideneieraufschwemmung auf, die begast worden waren (3. Versuch: 1-stündige Begasung mit  $750 \text{ g T-Gas/m}^3$ ). Es handelte sich dabei um die auf Filterpapierstückchen begasten Ascarideneier aus dem Zentrifugenröhrchen ohne Zellstoffpfropfen. Danach wurden diese so präparierten Objektträger 25 Minuten im Brutschrank bei  $+ 37^{\circ} \text{ C}$  getrocknet, anschließend 5 Minuten lang in 50%igen Alkohol gelegt und dann für 20 Minuten in alkoholische Sudan-III-Lösung gebracht.

Das mikroskopische Bild zeigte sowohl an den unbegasten als auch an den begasten Ascarideneiern keine Fettfärbung. Keine Spur der Sudan-III-Lösung war in die Eier eingedrungen.

Die Eihülle ist trotz Begasung und trotz Absterbens des Eies für wässrige Lösungen weiterhin nicht permeabel. Wie die Abtötung der Eier erfolgt, bleibt also weiterhin offen und kann nur vermutet werden.

Tabelle X

A Einwirkung des Unterdruckes

B Einwirkung von Äthylenoxyd im Unterdruck

ÄO-Begasung von Ascarideneiern (Übersicht)

| Nr. der<br>Versuchs-<br>reihe | Gas-<br>dosis<br>in<br>g/m <sup>3</sup> | Ein-<br>wir-<br>kungs-<br>zeit<br>in<br>Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in<br>mm Hg | Tem-<br>pera-<br>tur<br>in<br>Grad<br>C | Tage<br>nach<br>Ver-<br>such | Embryonierungsquote<br>Kontrolle<br>in % | Versuch<br>in % | Er-<br>folg<br>in % |
|-------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------|---------------------|
|                               |                                         |                                                      |                                |                                         |                              | (Ø = keine<br>Embryonierung)             |                 |                     |
| <b>A</b>                      |                                         |                                                      |                                |                                         |                              |                                          |                 |                     |
| 1) 1.                         | -                                       | 3 1/2                                                | 700-<br>300                    | 18                                      | 33                           | 88,1                                     | 77,1            | 11,0                |
| 2.a)                          |                                         | 1                                                    | 700                            | 15                                      | 36                           | 77,8                                     | 58,0            | 19,8                |
| b)                            |                                         |                                                      |                                |                                         |                              |                                          | 69,5            | 8,3                 |
| <b>B</b>                      |                                         |                                                      |                                |                                         |                              |                                          |                 |                     |
| 2) 1.                         | 750                                     | 3                                                    | 700-<br>300                    | 20                                      | 30                           | 85,8                                     | Ø               | 100                 |
| 2.                            |                                         |                                                      |                                |                                         |                              | 75,0                                     | Ø               | 100                 |
| 3)                            | 750                                     | 1                                                    | 700-<br>475                    | 22-<br>25                               | 30                           | 80,0                                     | Ø               | 100                 |
| 4)                            | 750                                     | 1/2                                                  | 700-<br>460                    | 20                                      | 27                           | 80,0                                     | Ø               | 100                 |
| 5)                            | 750                                     | 1/2                                                  | 720-<br>470                    | 14-<br>16                               | 38                           | 83,6                                     | Ø               | 100                 |
| 6)                            | 750                                     | 1/4                                                  | 720-<br>490                    | 16-<br>20                               | 38                           | 81,7                                     | Ø               | 100                 |

#### 4. Die Wirkung der ÄO-Begasung auf Muskeltrichinen

##### Material und Methodik:

Als Versuchstiere dienten weiße Mäuse im Alter von etwa 3 Wochen und 20 g Gewicht. Die Mäuse wurden zu den Versuchen jeweils in Gruppen zu 2 bis 5 Tieren in Glasbehältern gehalten. Als Nahrung bekamen die Mäuse täglich Fertigfutter in Preßform, Hafer und gelegentlich grüne Salatblätter. Dem Trinkwasser wurde wöchentlich ein Vitamingemisch (A, D und E) zugesetzt.

Das Infektionsmaterial lieferte eine Ratte, die etwa 6 Monate vor der Tötung mit Trichinen infiziert worden war.

Die zu untersuchenden trichinenhaltigen Muskelproben wurden mit einer Schere in etwa linsengroße Stückchen zerlegt, begast, dann auf den 24 Feldern eines Trichinen-Kompressoriums verteilt und zu dünnen Filmen gepreßt. Die eingekapselten, aufgerollten Muskeltrichinen wurden unter dem Mikroskop mit Lupenvergrößerung untersucht - manchmal bei etwa 40-50-facher Vergrößerung - und ausgezählt.

Je 100 Trichinen wurden einer Maus verabreicht. Vor der Verfütterung des Infektionsmaterials mußten die Mäuse einen Tag lang hungern, um die schnelle Aufnahme der rohen Muskulatur zu gewährleisten. Die Mäuse erhielten die Fleischstückchen, die Kontrolltiere unbegaste, die Versuchstiere begaste, in entsprechender Infektionsdosis mit Hilfe einer gebogenen kleinen Pinzette in die Mundhöhle. Anschließend wurde jede Maus in einem leeren sauberen Einzelglasbehälter eine Zeit lang beobachtet, um festzustellen, ob sie die verabreichten Stückchen auch tatsächlich aufgenommen hatte. Würgte sie sie wieder heraus, bekam sie das Material erneut eingeführt.

Die Tötung der mit begasten und unbegasten Trichinen infizierten Mäuse erfolgte frühestens 5 Wochen post infektionem. Zu diesem Zeitpunkt konnte man eine vollständige Abkapselung der Muskeltrichinen erwarten.

Bei der Sektion wurde Muskulatur, immer der gleichen Stelle, aus dem linken hinteren Oberschenkel entnommen und zu je drei

100 mg schweren Stückchen abgewogen. Diese Stückchen wurden weiter zerkleinert, gepreßt und in der gleichen Weise untersucht wie das Infektionsmaterial.

Auch die Muskeltrichinen wurden mitgezählt, die sich durch das Pressen der Fleischteilchen in dem umgebenden Flüssigkeitsrand angesammelt hatten. Die Auswertung ergab die durchschnittliche Anzahl Trichinen pro Gramm Schenkelmuskulatur, meist des *M. quadriceps* und der *Mm. adductores*.

Wenn in der Schenkelmuskulatur keine Trichinen zu finden waren, wurde darüber hinaus Kau- und Zwerchfellmuskulatur auf Trichinenbefall untersucht.

Neben der Verfütterung des begasten Materials an Mäuse und der 5 Wochen später durchgeführten Kompressoriumuntersuchung wurde unmittelbar nach dem Begasungsvorgang ein künstlicher Verdauungsversuch vorgenommen. Zerkleinerte Muskelproben wurden in eine Salzsäure-Pepsin-Lösung gebracht, anschließend in eine Trypsin-Lösung. Zwischendurch wurden mit der Pinzette einige Muskelstückchen des Bodensatzes gefaßt, auf das Kompressorium gelegt und unter dem Mikroskop bei 40-facher Vergrößerung untersucht.

## Versuche

### a) Vorversuch

Zur Wirkung des Unterdrucks auf die Muskeltrichinen wurde ein 3-stündiger Leerversuch in der Degeschkammer ohne  $\text{AO}$ -Begasung unter sonst gleichen Bedingungen wie bei den Hauptversuchen durchgeführt. Der Unterdruck betrug während der ganzen Zeit 695 mm Hg, die Temperatur 18 bis  $20^{\circ}\text{C}$ .

Als Material wurden flachgedrückte Zwerchfell- und Schenkelstückchen der Ratte in einer offenen Petrischale mit einem zentralgelegenen feuchten Zellstoffstückchen verwendet. Die Muskelstückchen wurden anschließend in 2 Reagenzgläsern mit 5 ml Magensaft im Brutschrank bei  $+ 37^{\circ}\text{C}$  bebrütet und nach 4 1/2 Stunden im Kompressorium mit Lupenvergrößerung unter dem Mikroskop untersucht.

Die Trichinen waren zum Teil geschlüpft und bewegten sich. Aus dem einen Reagenzglas wurde etwas Magensaft abgeschüttet, das Glas wieder mit Duodenalsaft aufgefüllt.

Nach 24-stündiger Bebrütung zeigte eine Bodensatzprobe aus dem Magen- und Duodenalsaftgemisch im Mikroskop geschlüpfte und sich bewegende Trichinen, aus der Magensaftprobe dagegen geschlüpfte, aber inzwischen angedaute sich nicht bewegende Trichinen.

Der Unterdruck von 695 mm Hg über 3 Stunden lang hatte den Parasiten keinen Schaden zugefügt.

Tabelle XI

#### Die Wirkung des Unterdrucks auf Muskeltrichinen

| Unterdruck<br>in mm Hg | Einwirkungs-<br>zeit<br>in Stunden | Temperatur<br>in Grad C | Verdaunungsmethode<br>Kontrolle Unterdruck-<br>wirkung |   |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|---|
| 695                    | 3                                  | 18-20                   | +                                                      | + |

+ = geschlüpfte und sich bewegende Trichinen

## b) Hauptversuche

### 1. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle XII und XIII, Seite 58 und Seite 62)

Zur Ermittlung der Wirkung von ÄO-Gas auf Muskeltrichinen wurden in einer Versuchsreihe einer Anzahl von Mäusen verschieden lang begaste trichinenhaltige Fleischstückchen verfüttert. 5 Wochen p. i. wurden die Mäuse auf Trichinenbefall untersucht.

In einer anderen Versuchsreihe wurden die verschieden lang begasten Fleischstückchen mit der künstlichen Verdauungsmethode auf lebende, schlüpfende und sich bewegende Muskeltrichinen hin untersucht.

ÄO-Begasung bei gleicher T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$  aber verschiedenen Einwirkungszeiten:

#### 1.1) 1/2-stündige Begasung

- a) von 3 zu je 100 Trichinen ausgezählten Zwerchfellstückchen einer frisch getöteten Ratte und
- b) von 2 unausgezählten trichinenhaltigen bohngroßen Schenkelstücken der Ratte,

jeweils in einer offenen Petrischale mit einem zentralgelegenen feuchten Zellstoffstückchen.

Der Unterdruck betrug 700 bis 480 mm Hg, die Temperatur  $20^{\circ} \text{ C}$ .

#### 1.2) 1-stündige Begasung

die gleiche Materialzustellung wie in 1).

Der Unterdruck betrug 700 bis 475 mm Hg, die Temperatur 22 bis  $25^{\circ} \text{ C}$ .

#### 1.3) 3-stündige Begasung

von Material, das wie oben präpariert wurde (siehe 1)).

Der Unterdruck betrug 700 bis 460 mm Hg, die Temperatur 24 bis  $28^{\circ} \text{ C}$ .

Die Fleischstückchen waren nach 1/2-stündiger Begasung noch gut feucht, nach 1-stündiger Begasung etwas getrocknet und nach 3-stündiger Begasung äußerlich trocken, jedoch nicht vertrocknet.

Tabelle XII

ÄO-Begasung von Muskeltrichinen (1.Versuchsreihe)

| Glas<br>Nr. | Maus<br>Nr. | Gewicht der<br>Maus vor<br>der Sektion<br>in g | Begasungs-<br>zeit<br>in Stunden | Infektions-<br>dosis<br>Trichinen | Begasungserfolg<br>Trichinen pro<br>Gramm Schenkel-<br>muskulatur |
|-------------|-------------|------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1           | 1           | 25,0                                           | unbegast<br>(Kontrolle)          | 100                               | 1750                                                              |
|             | 2           | 27,0                                           |                                  |                                   | 1420 1640 im Durch-                                               |
|             | 3           | 28,5                                           |                                  |                                   | 1750 schnitt                                                      |
| 2           | 1           | 31,0                                           | 1/2                              | 100                               | Ø                                                                 |
|             | 2           | 34,5                                           |                                  |                                   |                                                                   |
|             | 3           | 26,5                                           |                                  |                                   |                                                                   |
| 3           | 1           | 32,0                                           | 1                                | 100                               | Ø                                                                 |
|             | 2           | 32,0                                           |                                  |                                   |                                                                   |
|             | 3           | am 17.Tag<br>gestorben                         |                                  |                                   |                                                                   |
| 4           | 1           | 29,0                                           | 3                                | 100                               | Ø                                                                 |
|             | 2           | 31,0                                           |                                  |                                   |                                                                   |
|             | 3           | 32,0                                           |                                  |                                   |                                                                   |
| 5           | 1           | 31,0                                           | 1/2                              | 100                               | Ø                                                                 |
|             | 2           | 36,0                                           |                                  |                                   |                                                                   |
| 6           | 1           | 34,0                                           | 1                                | 100                               | Ø                                                                 |
|             | 2           | 45,0                                           |                                  |                                   |                                                                   |
| 7           | 1           | 26,0                                           | 3                                | 100                               | Ø                                                                 |
|             | 2           | 28,5                                           |                                  |                                   |                                                                   |

Ø = ohne Trichinenbefall

Die Gaseinwirkung hatte in allen Versuchen die Parasiten abgetötet.

aa) Prüfung der begasten Parasiten im Tierversuch

Anschließend an den Begasungsvorgang wurden 18 Mäuse, die einen Tag lang hungern mußten, mit trichinenhaltigen begasten und unbegasten (Kontrolltiere) Fleischstückchen gefüttert und in 7 verschiedene Gläser aufgeteilt.

In Glas 1 wurden die 3 Kontrollmäuse gebracht. In 3 andere Gläser kamen je 3 Mäuse, denen 1/2-, 1- und 3-stündig begaste Trichinen verabreicht worden waren.

3 weitere Gläser nahmen je 2 Mäuse auf, die mit 1/2-, 1- und 3-stündig begasten Schenkelmuskelstückchen gefüttert worden waren.

Das Infektionsmaterial enthielt, wie vorn ausgeführt, je 100 Parasiten.

6 Wochen p. i. wurden die Mäuse getötet und auf Trichinen geprüft.

Es wurde auf Trichinenzahl pro Gramm Schenkelmuskulatur umgerechnet.

Bei den Versuchsmäusen wurde sicherheitshalber zusätzlich noch Kau- und Zwerchfellmuskulatur durch die Kompressoriummethode auf Trichinenbefall hin untersucht.

Das Ergebnis dieser Versuchsreihe war folgendes:

Die 3 Kontrollmäuse hatten einen durchschnittlichen Trichinenbefall von 1640 pro Gramm Schenkelmuskulatur.

Die übrigen 15 Mäuse, die mit 1/2-, 1- und 3-stündig begasten Fleischstückchen gefüttert worden waren, zeigten weder in der Schenkelmuskulatur noch in der Kau- und Zwerchfellmuskulatur einen Trichinenbefall.

Ein Tier war am 17. Tag nach der Verfütterung des begasten Materials gestorben. Die Todesursache war unklar. Im Darm wurden keine Parasiten gefunden. Diese Maus konnte nicht für den Versuch ausgewertet werden.

Alle begasten Muskeltrichinen waren so geschädigt, daß keine mit ihnen infizierte Maus einen Trichinenbefall aufwies.

Eine 1/2-stündige Begasung mit einer T-Gas-Konzentration von  $750 \text{ g/m}^3$  reichte aus, die Muskeltrichinen in bohngroßen

Fleischstückchen restlos abzutöten.

bb) Prüfung der begasten Parasiten mittels künstlicher  
Verdauung der Muskulatur

Parallel zu diesem Verfütterungsversuch von begasten trichinenhaltigen Muskelstückchen an Mäusen wurde ein künstlicher Verdauungsversuch zur Bestimmung der Wirkung der AO-Begasung auf Muskeltrichinen durchgeführt. Es wurden Ansätze von Magen- und Duodenalsaft verwendet.

Im Brutschrank wurden bei einer Temperatur von  $37^{\circ}\text{C}$  erbsengroße, 1/2-, 1- und 3-stündig begaste trichinenhaltige Schenkelmuskulaturbrocken in 9 Reagenzgläsern mit etwa 5 ml Verdauungssaft aufbewahrt. Es wurden für die Versuche mit unterschiedlicher Begasungsdauer je Begasungszeit 2 Reagenzgläser mit Magensaft und 1 Glas mit Duodenalsaft verwendet.

Nach 4- bis 5-stündiger Bebrütung wurden aus allen 9 Reagenzgläsern Bodensatzproben auf eine gefelderte Kompressoriumplatte gelegt, die Fleischstückchen zusammengepreßt und bei Lupenvergrößerung unter dem Mikroskop beobachtet. Durch den Kompressionsdruck wurden infolge der Andauung in den Magensaftproben einige Larven aus ihrer Kapsel gedrückt. Auf jeden Fall zeigte keine einzige Trichine auch nur die geringste Beweglichkeit. Die kapsellosen Larven waren ebenfalls unbeweglich und weniger spiralig aufgerollt als die Kontrollen. In den Duodenalsaftproben befanden sich alle Trichinen noch eingekapselt und starr eingerollt. Die Zellkörper hoben sich weniger ab als sonst.

Nach 24-stündiger Bebrütungszeit zeigten alle 9 Gläserproben keine Beweglichkeit der Trichinen. In den Magensaftproben waren die Fleischstückchen ziemlich stark aufgelöst und die Trichinen zum Teil ohne Kapsel. In den Duodenalsaftproben zeigte sich keine Auflösung der Muskelstückchen, und die spiralig aufgerollten Trichinen waren noch alle mit Kapsel versehen.

Als Kontrolle wurden 2 Reagenzgläser mit unbegasten trichinenhaltigen Zwerchfellstückchen der Ratte einmal in Magensaft, einmal in Duodenalsaft verwendet.

Nach 5-stündiger Bebrütung waren in den Bodensatzproben aus dem Magensaftglas die Trichinen zum Teil geschlüpft und spiralig aufgerollt; sie bewegten sich.

Von den Bodensatzproben aus dem Duodenalsaftglas waren keine Trichinen geschlüpft. Die eingekapselten Trichinen zeigten keine Beweglichkeit und waren nicht so starr aufgerollt wie die in den begasten Proben.

Nach 24-stündiger Bebrütung waren in den Magensaftproben alle Trichinen geschlüpft, aber nicht mehr beweglich, da sie selbst durch den Magensaft angegriffen waren. In den Duodenalsaftproben waren weiterhin alle Trichinen eingekapselt.

Sämtliche begasten trichinenhaltigen Muskelstückchen waren so geschädigt, daß sie durch den Verdauungsvorgang nicht zum Schlüpfen gebracht werden konnten und auch keinerlei Bewegung zeigten. Die Zellkörper der Trichinen waren völlig verblaßt. Allem Anschein nach waren die Parasiten abgetötet.

Tabelle XIII

AO-Begasung von Muskeltrichinen (1.Versuchsreihe)

|       | Gas-<br>dosis<br>in $\text{g/m}^3$ | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Kontrolle<br>Befall<br>Bewe-<br>gung | Begasungs-<br>erfolg |
|-------|------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 1. a) | 750                                | 1/2                                          | 700-<br>480                    | 20                              | +                                    | Ø                    |
| b)    |                                    |                                              |                                |                                 | +                                    | Ø                    |
| 2. a) | 750                                | 1                                            | 700-<br>475                    | 22-<br>25                       | +                                    | Ø                    |
| b)    |                                    |                                              |                                |                                 | +                                    | Ø                    |
| 3. a) | 750                                | 3                                            | 700-<br>460                    | 24-<br>28                       | +                                    | Ø                    |
| b)    |                                    |                                              |                                |                                 | +                                    | Ø                    |

+ = geschlüpft und beweglich bzw. mit Befall (durchschnittlich 1640 Tri-  
 Ø = nicht geschlüpft und unbeweglich bzw. ohne Befall chinen/g  
 a) = Verdauungsmethode Muskulatur)  
 b) = Kompressoriummethode

## 2. Versuchsreihe

(Vergleiche Tabelle XIV, S. 65 und Tabelle XV, S. 66)

Bestimmung der Tiefenwirkung des ÄO-Gases an größeren Fleischstücken

Es wurde eine 15 1/2-stündige Begasung von kleinen trichinenhaltigen Muskelbrocken, die in große Fleischstücke eingehüllt waren, bei einer T-Gas-Konzentration von  $1500 \text{ g/m}^3$  durchgeführt.

Der Unterdruck betrug 700 bis 400 mm Hg, die Temperatur 18 bis  $20^{\circ} \text{ C}$ .

Das Material bestand aus 370 g durch den Fleischwolf gedrehter, in 4-fachen Mull eingewickelter Ferkelmuskulatur aus der Glutealregion in den Abmessungen  $6 \times 9 \times 9 \text{ cm}$ . Im Innern enthielt es in Gaze gewickelte parasitenhaltige Kau- und Schenkelmuskelstückchen von Mäusen mit Kapselbildung 10 Wochen p. i..

Ferner wurde 490 g Ferkelfleisch aus der Glutealregion in einem Stück verwendet, das an der einen Seite bis zur Mitte aufgeschnitten und aufgeklappt wurde. Dahinein wurden Kau- und Schenkelmuskulaturstückchen mit 10 Wochen alten Trichinen, die mit verdünnter schwarzer Ausziehtusche gefärbt waren, gelegt. Das Paket wurde mit Mull und Bindfaden fest zugebunden. Die Abmessungen betrugen danach  $7 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ .

Schließlich wurde noch 500 g Ferkelfleisch aus der Glutealregion in einem Stück verwendet, das an der einen Seite bis zur Mitte aufgeschnitten und aufgeklappt wurde und das nach Einlegen der trichinenhaltigen Kau- und Schenkelmuskelstückchen an der aufgeschnittenen Seite wieder mit dicken Fäden vernäht wurde. Die Abmessung ergab  $7 \times 9,5 \times 12 \text{ cm}$ .

Es war vergebens versucht worden, trichinenhaltige gefärbte Muskelstückchen mit einer Injektionsspritze mit weiter Kanüle in die kompakte Fleischmasse zu injizieren.

Durch den Begasungsvorgang war das Fleisch kaum verändert, nur die Oberfläche war getrocknet.

Nach dem Begasungsversuch wurde ein Teil der trichinenhaltigen Muskulatur zu 5 x 100 Trichinen enthaltenden Stückchen unter dem Mikroskop ausgezählt, der andere Teil für den künstlichen Verdauungsversuch benutzt.

aa) Prüfung im Tierversuch:

20 Mäuse, die einen Tag lang gehungert hatten, wurden jeweils mit 100 Trichinen infiziert. Die zur Kontrolle verwendeten 5 Tiere erhielten unbegastes trichinöses Fleisch. Den übrigen Mäusen wurde begastes trichinenhaltiges Fleisch gefüttert, je 5 Mäuse erhielten das gleiche Material.

5 Wochen p. i. wurden die Mäuse getötet, sezziert und wie üblich untersucht.

Die 5 Kontrollmäuse im Gewicht von 18,5 bis 28,0 g zeigten einen durchschnittlichen Befall von 603 Trichinen pro Gramm Schenkelmuskulatur.

Bei den Versuchstieren wurde auch die Kau- und Zwerchfellmuskulatur auf Trichinenbefall hin untersucht. Bei allen 15 mit begastem Material infizierten Mäusen wurden keine Trichinen gefunden.

Alle begasten Trichinen in den Muskelstückchen, die von dicken Muskelmassen eingehüllt waren und eine Mindestschicht von 3 bzw. 3,5 cm über sich hatten, waren abgetötet.

bb) Prüfung im Verdauungsversuch:

Aus den 3 begasten trichinenhaltigen verschieden präparierten Muskelproben wurden jeweils einige Stückchen in ein Reagenzglas mit 5 cm<sup>3</sup> Magensaft gegeben. Auch ein 4. Reagenzglas wurde zur Kontrolle mit unbegasten Muskelstückchen versehen.

Nach 5-stündiger Aufbewahrung bei + 37° C waren in der Kontrolle die Trichinen geschlüpft und bewegten sich. In den Versuchsröhrchen waren einige Trichinen durch den Verdauungsvorgang von ihrer Kapsel befreit, jedoch unbeweglich. Die Zellkörper der Trichinen waren verblaßt.

Nach 24-stündiger Bebrütung waren alle Trichinen ohne Kapsel und auch die Trichinen aus dem Kontrollglas durch Andauung unbeweglich geworden.

Auch die Methode mit der künstlichen Verdauung zeigte einen vollen Begasungseffekt. Sämtliche begasten Muskeltrichinen hatten durch die ÄO-Wirkung Lebensäußerungen, wie Beweglichkeit und die Fähigkeit zu schlüpfen, verloren. Die Struktur der Trichinenzellkörper war völlig verblaßt.

Tabelle XIV

ÄO-Begasung von Muskeltrichinen (2. Versuchsreihe)

| Glas Nr. | Maus Nr. | Gewicht der Maus vor der Sektion in g | Infektionsmaterial je 100 Trichinen aus | Begasungserfolg Trichinen pro Gramm Schenkelmuskulatur |
|----------|----------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1        | 1        | 28,0                                  | unbegaster                              | 930                                                    |
|          | 2        | 22,0                                  | trichinen-                              | 1023                                                   |
|          | 3        | 28,5                                  | haltiger                                | 450 603 im Durchschnitt                                |
|          | 4        | 24,0                                  | Muskulatur                              | 320                                                    |
|          | 5        | 23,0                                  | (Kontrolle)                             | 290                                                    |
| 2        | 1        | 24,5                                  | in 3 cm Tiefe                           |                                                        |
|          | 2        | 19,0                                  | begaster tri-                           |                                                        |
|          | 3        | 21,0                                  | chinenhaltiger                          | Ø                                                      |
|          | 4        | 20,0                                  | Muskulatur                              |                                                        |
|          | 5        | 23,5                                  |                                         |                                                        |
| 3        | 1        | 25,5                                  | in 3,5 cm Tie-                          |                                                        |
|          | 2        | 27,5                                  | fe begaster                             |                                                        |
|          | 3        | 27,0                                  | trichinerhal-                           | Ø                                                      |
|          | 4        | 22,0                                  | tiger Muskula-                          |                                                        |
|          | 5        | 24,0                                  | tur                                     |                                                        |
| 4        | 1        | 20,0                                  | in 3,5 cm Tie-                          |                                                        |
|          | 2        | 21,0                                  | fe begaster                             |                                                        |
|          | 3        | 23,0                                  | trichinenhal-                           | Ø                                                      |
|          | 4        | 22,0                                  | tiger Muskula-                          |                                                        |
|          | 5        | 24,5                                  | tur                                     |                                                        |

Ø = ohne Trichinenbefall

Tabelle XV

ÄO-Begasung von Muskeltrichinen (2. Versuchsreihe)

| Gas-<br>dosis<br>in<br>g/m <sup>3</sup> | Einwirkungs-<br>zeit<br>in Stunden | Unter-<br>druck<br>in mm<br>Hg | Tempe-<br>ratur<br>in<br>Grad C | Kontrolle<br>Befall Bewe-<br>gung | Begasungs-<br>erfolg |
|-----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| <hr/>                                   |                                    |                                |                                 |                                   |                      |
| a)                                      | 1500                               | 15 1/2                         | 700-<br>400                     | 18-20                             | +      Ø             |
| b)                                      |                                    |                                |                                 | +                                 | Ø                    |

+ = geschlüpft und beweglich bzw. mit Befall (in der Muskulatur der Versuchsmenge  
Ø = nicht geschlüpft und unbeweglich bzw. ohne Befall durchschnittlich 603 Trichinen je g)

a)= Verdauungsmethode  
b)= Kompressoriummethode

Tabelle XVI

Übersicht über sämtliche Begasungsversuche mit T-Gas

| Gas-<br>dosis<br>in<br>g/m <sup>3</sup> | Einwir-<br>kungs-<br>zeit<br>in Stun-<br>den | 1.Coccidien-<br>oocysten | 2.Tricho-<br>strongy-<br>lideneier | 3.Ascari-<br>deneier | 4.Muskel-<br>trichinen |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 750                                     | 1/4                                          | ∅                        | ∅                                  | ∅                    | -                      |
|                                         | 1/2                                          | ∅                        | -                                  | ∅                    | ∅                      |
|                                         | 1                                            | -                        | -                                  | ∅                    | ∅                      |
|                                         | 3                                            | -                        | -                                  | ∅                    | ∅                      |
| 1500                                    | 15 1/2                                       | -                        | -                                  | -                    | ∅                      |

∅ = Abtötung bzw. keine Weiterentwicklung

- = nicht durchgeführt

## D) B E S P R E C H U N G   D E R   E R G E B N I S S E

Begasungen als Mittel zur Abtötung tierischer Parasiten von Mensch und Tier sind bisher relativ selten angewandt worden. Dagegen wird von gasförmigen Mitteln zur Bekämpfung von Schädlingen in pflanzlichen Produkten wie Getreide und anderen Samenfrüchten zur Befreiung des Holzes in Gebäuden von Käferlarven usw. schon des längeren Gebrauch gemacht.

In letzter Zeit wurden von Enigk und Eckert (6) Versuche unternommen, natürlichen Boden von Ausläufen sowie Weiden von Parasiteneiern und Parasitenlarven zu befreien. Die Autoren arbeiteten mit Methylbromid. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die Anwendungen von Gas wahrscheinlich die wirksamste Art zur Bekämpfung derjenigen Entwicklungsstufen von Parasiten sei, die sich im Boden aufhalten.

Das Äthylenoxyd ist meines Wissens bisher zur Vernichtung von tierischen Schmarotzern von Mensch und Tier nicht angewandt worden. Das nimmt eigentlich Wunder, wenn man bedenkt, daß das Gas in der Entwesung von Getreide, Hülsenfrüchten usw. sowohl für menschlichen Genuß als auch als Saatgut in umfangreichem Maße eingesetzt wird. Gerade die Vernichtung von Parasiteneiern und Parasitenlarven macht große Schwierigkeiten, weil die unter der Chitincuticula befindlichen Schichten für Desinfektionsmittel wenig durchlässig sind, so daß die Mehrzahl der gebräuchlichen Mittel keine Anwendung findet. Die restlich in Frage kommenden Desinfizientien sind entweder stark ätzend und greifen damit die Umgebung der Parasiteneier bzw. -larven stark an, oder aber sie besitzen infolge Gehaltes eines lipoidlösenden Faktors (Schwefelkohlenstoff) einen unerträglichen Geruch.

Die vorliegenden Untersuchungen haben nun ergeben, daß alle in die Umwelt gelangenden Entwicklungsformen der Parasiten durch Äthylenoxyd leicht und sicher getötet werden. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um Einzeller oder um Metazoen handelt. Als Prototyp des Einzellers wurde die Oocyste bzw. Sporocyste von *Eimeria tenella* gewählt. Eier von *Ascaris lumbricoides* var. *suis* in verschie-

denen Entwicklungsstadien von der Einzellform bis zum embryonierten, invasionsreifen Ei wurden in gleicher Weise schon bei der geringsten gewählten Gaskonzentration und der geringsten gewählten Zeit getötet. Das Entsprechende gilt auch für Oesophagostomeier und die daraus geschlüpften Larven sowie für die damit oft vergesellschaftet im Boden lebenden Erdnematoden.

Von besonderem Interesse dürfte die Tatsache sein, daß sich eingekapselte Trichinenlarven mit der gleichen Methodik und der gleichen Sicherheit wie die übrigen im Freien vorkommenden parasitären Entwicklungsstadien abtöten ließen.

Es scheint so, daß die Abtötung von Larven schneller vor sich geht als von Eiern. Dieser Schluß wird aus der Beobachtung gezogen, daß zum Beispiel Ascarideneier nach der Einwirkung des Gases unter Umständen noch einige Zellteilungen durchmachten, während Parasitenlarven einschließlich der Trichinellen sogleich nach der Gaseinwirkung keinerlei Lebenszeichen mehr zeigten.

Über einen eventuellen praktischen Einsatz des Gases in der Parasitenbekämpfung will ich mich hier nicht auslassen, da meine Aufgabe lediglich lautete, die Möglichkeiten der Vernichtung zu prüfen. Es erscheint aber durchaus denkbar, daß aus den getroffenen Feststellungen praktische Einsatzmöglichkeiten des Äthylenoxyds möglich sind.

## E) ZUSAMMENFASSUNG

1. Es wurde die Einwirkung von Äthylenoxyd auf verschiedene exogene Entwicklungsstufen der *Eimeria tenella*, des *Oesophagostomum* sp. und des *Ascaris lumbricoides* var. *suis* geprüft. Außerdem wurde die eingekapselte Larve der *Trichinella spiralis* in die Versuche einbezogen.
2. Als Form des einwirkenden Gases wurde eine Mischung aus 90% Äthylenoxyd und 10% CO<sub>2</sub>, die als T-Gas im Handel ist, benutzt.
3. Die Begasung erfolgte in einer Unterdruckkammer bei einem Unterdruck zwischen 720 - 300 mm Hg.
4. Die Begasungsdauer betrug 15, 30, 60 und 180 Minuten. In einem Sonderfalle wurde die Begasungsdauer auf 15 1/2 Stunden ausgedehnt.
5. Die Gaskonzentration betrug bezogen auf das T-Gas 750 g/m<sup>3</sup>, in dem erwähnten Sonderfalle das Doppelte. Zur Errechnung der Äthylenoxydkonzentration wären jeweils 10% dieses Wertes abziehen.
6. Alle geprüften parasitären Entwicklungsstadien, Cysten, Eier in verschiedenen Embryonierungsstadien sowie Larven, einschließlich der eingekapselten Trichinellen, wurden in der Mindestzeit der gebrauchten Zeiten getötet.
7. Die Tötung der Larven war bereits innerhalb der Begasungszeit erfolgt. Bei den Ascarideneiern trat der Tod zum Teil erst später während der Embryonierung ein.
8. Für den Erfolg der Gasbehandlung war es ziemlich gleichgültig, ob sich die Parasiten auf Filterpapier oder in ihrem natürlichen Milieu (Faeces, Erdboden) befanden. Eine Ausnahme machte eine höhere Wassersäule über Parasiteneiern; einzig bei darin befindlichen Eiern trat eine Nachentwicklung bis zu 32 Furchungszellen ein. In allen übrigen Fällen starben die

Parasiten in dem Stadium, in dem sie begast wurden.

9. Das Äthylenoxyd stellt ein gutes und allgemein wirksames Abtötungsmittel für Entwicklungsformen von Parasiten in allen Stadien dar, daß mit seiner Wirkung auf Protozoenzysten, Eier verschiedener Nematoden, freie und enzystierte Larven ein breites Wirkungsspektrum aufweist.

## ABBILDUNGEN

Mikroskopische Aufnahmen von begasten Ascarideneiern, die aus den Versuchsreihen 2, 3 und 4 (Seite 39, 41 und 43) stammten (Leica, Periplan Okular 8x; Adox KB 14)

Es wurde versucht, einige durch Äthylenoxydgas geschädigte Ascarideneier fotografisch darzustellen. Die Bilder zeigen eine 400-fache Vergrößerung der natürlichen Größe der Ascarideneier.

Tabelle XVII

Fotografische Aufnahmen von Ascarideneiern, die mit T-Gas begast worden waren, in 400-facher Vergrößerung

| Bild<br>Nr. | Versuchsreihe<br>Nr. | Seite | T-Gas-<br>Konzentration<br>in g/m <sup>3</sup> | Einwirkungs-<br>zeit<br>in Stunden | Tage nach<br>Begasung |
|-------------|----------------------|-------|------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1           | 4                    | 43    | 750                                            | 1/2                                | 2                     |
| 2           | 3                    | 41    | 750                                            | 1                                  | 21                    |
| 3           | 2                    | 39    | 750                                            | 3                                  | 31                    |

Bild Nr. 1

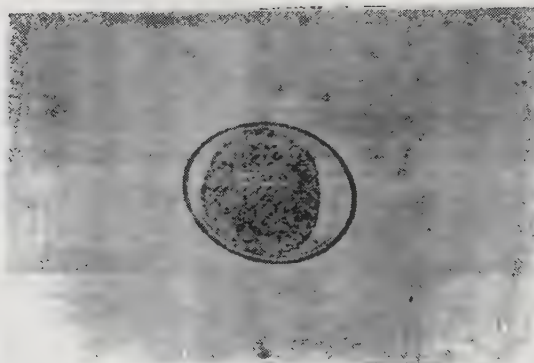


Bild Nr. 2

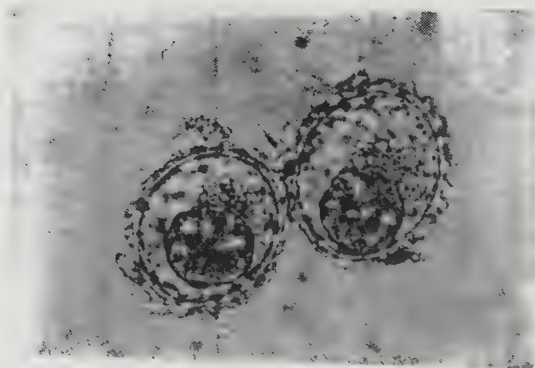
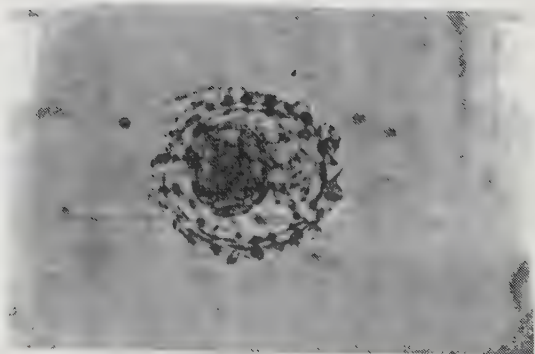


Bild Nr. 3



10  $\mu$   
I

F) L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Bakerman, H., Romine, M., Schricker, J.A., Takahashi, S.M. a. Mickelsen, O., J. Agric. Food Chemistry 4, 11, 956-959 (1956).
2. Berger, J., Schmidt, B. u. Dobberstein, H.: Sterilisationsversuche mit Äthylenoxyd, Zentralblatt für Bakt. I Orig. 185, 526-553 (1962, 4).
3. Deckart, W.: Bestimmung des Äthylenoxyds bei Durchgasungen mit äthylenoxydhaltigen Präparaten. Ztschr. anal. Chem. 82, 297-307 (1930).
4. Eismann, L.P.: Evaluation of Ethylene Oxide as a Sterilizing Agent for Field Use. Mil. Surgeon 109, 29-34 (1951).
5. Enigk, K.: Untersuch. ü. d. Abtötung d. Spulwurmeier u. Coccidien durch chem. Mittel. Dtsch. Tierh.k. 70, 439-448 (1936).
6. Enigk, K. u. Eckert, J.: Die Desinfektion von Tierausläufen. Zbl. f. Bakt. Abt. I Orig. 179, 397-432 (1960).
7. Fraenkel-Conrat, H.L.: Action of 1,2-epoxides on proteins. J. Biol. Chem. 154, 227-238 (1944).
8. Fulton, J.D. a. Mitchell, R.B. U.S. Armed Forces med. J. 3, 425-439 (1952).
9. Gillissen, G. u. Scholz, H.G.: Gesundheitswesen u. Desinfektion, 54, 37-43 (1962, 3).
10. Griffith, C.L. u. Hall, L.A. U.S. Patent N.2 107 697 (1938).
11. Gross, P.M. u. Dixon, L.P. U.S. Patent N.2 075 845 (1937).
12. Heicken, K. u. Bellinger Zbl. f. Bakt. Orig. 179, 113-140 (1960).
13. Kaemmerer, E. Med. Klin. 33, 1411-1414 (1958).
14. Kaemmerer, E. u. Hauck, W.: Beitrag zur Therapie der Dermatomykosen, Derm. Wschr. 141, 12, 297-301 (1960).
15. Kirby, C.W., Atkin, L. a. Frey, C.N. Food Industries 8, 450 ff. (1936).

16. Kotlán, A.: Lehrbuch der Helminthologie (Helminthosen der Haus- und Nutztiere unter Berücksichtigung der Helminthosen des Menschen). Akademiae Kiackó, Budapest (1960).
17. Lammers, Th. u. Gewalt, L.: Ein neues Sterilisationsverfahren mit gespanntem Äthylenoxyd. Zbl. Hyg. 144, 350-359 (1958).
18. Liebermeister, K.: Die Sterilisation mit Äthylenoxyd-Gas. Dtsch. med. Wschr. 87, 552-555 (1962, 11).
19. Liebrecht, E.M.: Das Verhalten einiger Dermatophyten bei Begasung mit Äthylenoxyd-Gas (T-Gas). Mykosen 4, 2, 58-63 (1961).
20. Mayr, G.: Equipment for Ethylene Oxide Sterilisation. Recent Developments in the Sterilisation of Surgical Materials. Symposium, April 11-13, London, The Pharmaceutical Press, 17 Bloomsbury Square, W.C. 1 (1961).
21. Mayr, G. u. Kaemmerer, H. Degesch-Labor Nr. 5613, unveröffentlicht (1949).
22. Mayr, G. u. Kaemmerer, H. Mitt. Vers. Stat. f. Gärungsgewerbe. 1/2 (1957).
23. Newmann, L.B., Colwell, C.A. a. Jameson, E.L. Amer. Rev. Tuberc. 71, 272 (1955).
24. Perkins, J.J. a. Lloyd, R.S.: Applications and Equipment for Ethylene Oxide Sterilisation. Sterilisation of Surgical Materials. Symposium, April 11-13, London, The Pharmaceutical Press. 17 Bloomsbury Square, W.C. 1 (1961).
25. Phillips, C.R.: The Sterilising Properties of Ethylene Oxide. Sterilisation of Surgical Materials. Symposium, April 11-13, London, The Pharmaceutical Press, 17 Bloomsbury Square, W.C. 1 (1961).
26. Phillips, C.R. a. Kaye, S.: The Sterilising Aktion of Gaseous Ethylene Oxide. Amer. J. Hyg. 50, 270-306 (1949).
27. Rauscher, H., Mayr, G. u. Kaemmerer, H.: Über die Verwendung von Äthylenoxyd zur Entkeimung. Mitt. d. Vers. stat. f. d. Gärungsgewerbe in Wien. 7/8, 1 (1956).

28. Rauscher, H. Mayr, G. u. Kaemmerer, H.: Ethylene Oxide for Cold Sterilisation. Food Manufacture, 4, 1 (1957).
29. Royce, A. a. Moore, W.K. Brit. J. Industr. Med. 12, 169 (1955).
30. Schmidt, B. u. Dobberstein, H.: Zur Gas-Sterilisation hitzeempfl. Materials. Medizinal Markt. Bln. 2 (1959).
31. Schoop, G. und Schade, M.: Der Fuchs als Verbreiter der Trichinosis. Sonderdruck der deutschen tierärztl. Wschr. (1939).
32. Schrader, H. a. Bossert, E.: Fumigan composition. U.S. Patent N. 2 037 439 (1936).
33. Seal, J.R. Bureau of Med. and Surgery (1949).
34. Sexton, R.J. a. Henson, E.V.: Experimental Ethylene Oxide Human Skin Injures. Arch. Indust. Hyg. 2, 259-264 (1950).
35. Sielaß, H.: Trichinenschau. VEB Gustav Fischer Verlag Jena (1962).
36. Thon, D. u. Neumann, M.: Erfahrung mit der Sterilisierung durch Äthylenoxyd. Zbl. Bakt. Abt. II, Orig. 113, 114-127 (1959).
37. Whelton, R., Phaaf, H.J., Mrak, E.M. a. Fisher, C.D.: Control of microbiological food spoilage by fumigation with epoxides. Food Industries 18, 23-25, 174 (1946).
38. Wilson, A.T. u. Bruno, P.J. Exptl. Med. 91, 449-458 (1950).
39. Windmueller, H.G., Ackermann, C.J. a. Engel, R.W.: Alteration in the nutritive value of casein by exposure to ethylene oxide. Virginia Agsi. Exp. Stat. (1956).
40. Windmueller, H.G., Ackermann, C.J., Bakerman, H. a. Mickelsen, O.: Reaction of ethylene oxide with Nicotinamid a. Nicotinic acid. Virginia Agsi. Exp. Stat. (1958).

# A N E R K E N N U N G

Herrn Professor Dr. med. vet. Gerhard Schoop danke ich für die freundliche Überlassung des Themas sehr herzlich. Ferner danke ich den Herren der Firma Degesch für die kostenlose Bereitstellung der sog. Degeschkammer, der Begasungseinrichtung sowie des Gases selbst.

Mein Dank gilt weiterhin allen denen, die mir bei der Durchführung der Versuche durch Anregungen und praktische Hinweise sowohl im Institut für Zoonosenforschung als auch in den Laboratorien der Firma Degesch behilflich waren.

L E B E N S L A U F

Am 23. November 1937 wurde ich, Jürgen Schott, als Ältester Sohn von fünf Geschwistern des damaligen Hauptmanns Wilhelm Schott und seiner Ehefrau Ursula, geb. Träumner, in Berlin-Wilmersdorf geboren.

Nach Besuch der Volksschule in Morungen bei Sangerhausen im Südharz und nach durch die Nachkriegsverhältnisse bedingtem dreimaligem Wechsel humanistischer Gymnasien in Berlin, Frankfurt am Main und Meisenheim am Glan legte ich am 11. Februar 1959 an dem Paul-Schneider-Gymnasium, einer Internatschule der ev. Kirche in Meisenheim, meine Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1959 immatrikulierte ich mich an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zu Frankfurt am Main, gehörte ein Semester der naturwissenschaftlichen Fakultät an und studierte Mathematik, Physik und Chemie. Im Wintersemester 1959/60 wandte ich mich dem medizinischen Fachstudium zu und bestand am 25. Februar 1965 das medizinische Staatsexamen.

Die Versuche zu der vorliegenden Arbeit führte ich in der zweiten Hälfte des Jahres 1962 durch.

Zur Zeit bin ich als Medizinalassistent in der medizinischen Abteilung des St. Katharinenkrankenhauses in Frankfurt am Main tätig.

*Jürgen Schott*

Frankfurt am Main, den 28.2.1966

Verzeichnis meiner akademischen Lehrer:

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| Prof. Dr. R. Moufang         | Mathematik                       |
| Prof. Dr. R. Baer            | Mathematik                       |
| Lektor Dr. R. Sauer          | Mathematik                       |
| Prof. Dr. M. Czerny          | Experimentalphysik               |
| Prof. Dr. H. Müser           | Physik                           |
| Prof. Dr. P. Royen           | Anorganische Chemie              |
| Prof. Dr. Th. Wieland        | Organische Chemie                |
| Prof. Dr. W. Ried            | Organische Chemie                |
| Prof. Dr. H. Giersberg       | Zoologie                         |
| Prof. Dr. F. W. Merkel       | Zoologie                         |
| Prof. Dr. K. Egle            | Botanik                          |
| Priv. Doz. Dr. G. Rosenstock | Botanik                          |
| Prof. Dr. W. Lohmann         | Astronomie                       |
| Prof. Dr. D. Starck          | Anatomie                         |
| Prof. Dr. R. Ortmann         | Anatomie                         |
| Prof. Dr. H. Frick           | Anatomie                         |
| Prof. Dr. R. Schneider       | Anatomie                         |
| Priv. Doz. Dr. B. Kummer     | Anatomie                         |
| Prof. Dr. K. Greven          | Physiologie                      |
| Prof. Dr. K. Wezler          | Physiologie                      |
| Prof. Dr. W. Schroeder       | Physiologie                      |
| Prof. Dr. L. Róka            | Physiologie u. physiolog. Chemie |
| Prof. Dr. E. Heinz           | Vegetative Physiologie           |
| Prof. Dr. R. K. Zahn         | Physiologie u. physiolog. Chemie |
| Prof. Dr. Dr. Dr. W. Artelt  | Geschichte der Medizin           |
| Prof. Dr. W. Rotter          | Pathologie                       |
| Prof. Dr. G. Kahlau          | Pathologie                       |
| Prof. Dr. H. Lapp            | Pathologie                       |
| Prof. Dr. H. Zimmermann      | Pathologie                       |
| Prof. Dr. W. Krücke          | Neuropathologie                  |
| Priv. Doz. Dr. O. Schmith    | Sozialhygiene                    |
| Prof. Dr. H. Betke           | Hygiene u. Arbeitsmedizin        |
| Prof. Dr. K. Herzberg        | Hygiene u. Bakteriologie         |
| Prof. Dr. W. Hellriegel      | Medizinische Strahlenkunde       |
| Prof. Dr. F. Strnad          | Röntgendiagnostik                |
| Prof. Dr. P. Holtz           | Pharmakologie u. Toxikologie     |

|                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Prof. Dr. E. Westermann     | Pharmakologie u. Toxikologie    |
| Prof. Dr. J. Gerchow        | Gerichtl. u. soziale Medizin    |
| Prof. Dr. K. Luff           | Gerichtl. u. soziale Medizin    |
| Prof. Dr. O. Grüner         | Gerichtl. u. soziale Medizin    |
| Priv. Doz. Dr. E. Wiedemann | Physikalische Therapie          |
| Prof. Dr. W. Amelung        | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. F. Hoff           | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. J. Frey           | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. J. Jürgens        | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. K. Radenbach      | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. H. Hildebrand     | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. K. Schöffling     | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. H. Martin         | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. R. Altmann        | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. R. Heinecker      | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. R. Heintz         | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. P. Christ         | Innere Medizin                  |
| Prof. Dr. E. Pfeiffer       | Klinische Endokrinologie        |
| Prof. Dr. R. Geißendörfer   | Chirurgie                       |
| Prof. Dr. E. Ungeheuer      | Chirurgie                       |
| Prof. Dr. W. Weber          | Chirurgie u. Unfallheilkunde    |
| Prof. Dr. U. Graff          | Chirurgie                       |
| Prof. Dr. O. Käser          | Geburtshilfe u. Frauenheilkunde |
| Prof. Dr. A. W. Schwenzer   | Geburtshilfe u. Frauenheilkunde |
| Prof. Dr. L. Heller         | Geburtshilfe u. Frauenheilkunde |
| Priv. Doz. Dr. H. K. Brehm  | Geburtshilfe u. Frauenheilkunde |
| Prof. Dr. K. Weiße          | Kinderheilkunde                 |
| Prof. Dr. G. Wilhelm        | Kinderheilkunde                 |
| Prof. Dr. J. Zutt           | Psychiatrie u. Neurologie       |
| Prof. Dr. G. Kulenkampff    | Psychiatrie u. Neurologie       |
| Prof. Dr. R. Frowein        | Psychiatrie u. Neurologie       |
| Prof. Dr. R. Degkwitz       | Psychiatrie u. Neurologie       |
| Prof. Dr. H. Schwab         | Psychiatrie u. Neurologie       |
| Prof. Dr. F. Herrmann       | Dermatologie                    |
| Prof. Dr. G. Leonhardi      | Dermatologie                    |
| Prof. Dr. E. Landes         | Dermatologie                    |
| Prof. Dr. R. Thiel          | Augenheilkunde                  |
| Prof. Dr. J. E. Otto        | Augenheilkunde                  |

|                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| Prof. Dr. W. A. Lieb         | Augenheilkunde                  |
| Prof. Dr. R. Mittermaier     | Hals-, Nasen- u. Ohrenheilkunde |
| Prof. Dr. G. Roßberg         | Hals-, Nasen- u. Ohrenheilkunde |
| Prof. Dr. H. G. Boenninghaus | Hals-, Nasen- u. Ohrenheilkunde |
| Prof. Dr. J. von Reckow      | Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde |
| Prof. Dr. E. Güntz           | Orthopädie                      |
| Prof. Dr. H. Schoberth       | Orthopädie                      |
| Prof. Dr. G. Schoop          | Zoonosen                        |

### Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die der Medizinischen Fakultät Frankfurt/Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

Über die Wirkung von Äthylenoxyd auf Eimeria tenella, Eier und Larven von Oesophagostomum dentatum bzw. longicaudum, Eier von Ascaris lumbricoides var. suis und Larven von Trichinella spiralis

im Institut für Zoonosenforschung zu Frankfurt am Main unter der Leitung von Herrn Professor Dr. med. vet. G. Schoop mit Unterstützung durch Herrn Dr. rer. nat. Josef Lamina ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, den 28. Februar 1966

Jürgen Schott





